

(19) Organisation Mondiale de la Propriété  
Intellectuelle  
Bureau international



(43) Date de la publication internationale  
8 janvier 2004 (08.01.2004)

PCT

(10) Numéro de publication internationale  
**WO 2004/004298 A1**

(51) Classification internationale des brevets<sup>7</sup> : H04M 9/08

(21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/FR2003/001874

(22) Date de dépôt international : 18 juin 2003 (18.06.2003)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :  
02/08056 28 juin 2002 (28.06.2002) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) :  
FRANCE TELECOM [FR/FR]; 6, place d'Alleray,  
F-75015 Paris (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : AUVRAY,  
Monique [FR/FR]; 13, rue Giuseppe Verdi, F-22300

Lannion (FR). LE TOURNEUR, Grégoire [FR/FR];  
Ker Noel, F-22700 Saint-Quay-Perros (FR). THOMAS,  
Jean-Philippe [FR/FR]; 8, rue Kergall, F-22660 Trevou  
Treguignec (FR).

(74) Mandataire : SAURA, Robert; France Telecom/T &  
I/PIV/PI, 38-40, rue du Général Leclerc, F-92794 Issy  
Moulineaux Cedex 9 (FR).

(81) États désignés (national) : CA, JP, US.

(84) États désignés (régional) : brevet européen (AT, BE, BG,  
CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE,  
IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

Déclaration en vertu de la règle 4.17 :

— relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17.iv) pour US  
seulement

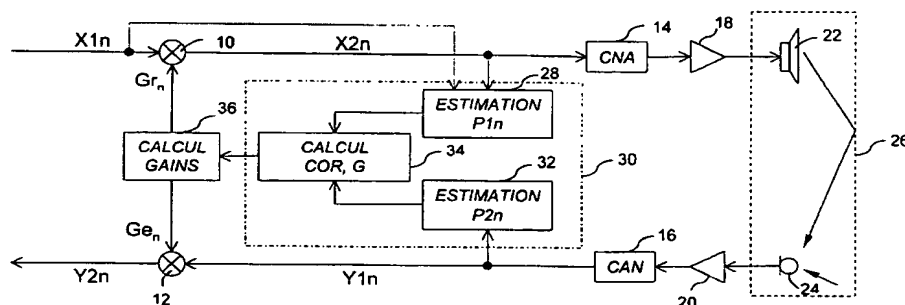
Publiée :

— avec rapport de recherche internationale

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: ECHO PROCESSING DEVICES FOR SINGLE-CHANNEL OR MULTICHANNEL COMMUNICATION SYSTEMS

(54) Titre : DISPOSITIFS DE TRAITEMENT D'ECHO POUR SYSTEMES DE COMMUNICATION DE TYPE MONOVOIE  
OU MULTIVOIES



36...COMPUTING GAINS  
34...COMPUTING COUPLING VARIABLE  
26...ESTIMATING INPUT SIGNAL (X2N) AND/OR DIRECT SIGNAL (X1N) INSTANTANEOUS POWER  
32...ESTIMATING OUTPUT SIGNAL (Y1N) INSTANTANEOUS POWER  
14...DIGITAL-TO-ANALOG CONVERTER  
16...ANALOG-TO-DIGITAL CONVERTER

(57) Abstract: The invention concerns an echo processing device for attenuating in a return signal Y2n echo components of a direct signal X1n, comprising reception and transmission gain Gr<sub>n</sub>, Ge<sub>n</sub> computing means (36); first gain applying means (10) for applying the reception gain Gr<sub>n</sub> to the direct signal and for producing an input signal X2n transmitted in an echo generating system (26); second gain applying means (12) for applying the transmission gain Ge<sub>n</sub> to an output signal Y1 derived from the echo generating system (26) and for producing the return signal Y2n. Said device further comprises means for computing (30) a coupling variable, COR, characteristic of the acoustic coupling existing between the direct signal Xn1 or the input signal Xn2 and the output signal Y1n; the gain computing means (36) are designed to calculate the reception and transmission gains Gr<sub>n</sub>, Ge<sub>n</sub> on the basis of said coupling variable. The invention is also applicable to multichannel systems.

[Suite sur la page suivante]



*En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.*

---

**(57) Abrégé :** Un dispositif de traitement d'écho pour atténuer dans un signal de retour  $Y2n$  des composantes d'écho d'un signal direct  $X1n$ , comprend des moyens de calcul de gains (36) en réception et en émission  $Gr_n$ ,  $Ge_n$ ; des premiers moyens d'application de gain (10) pour appliquer le gain en réception  $Gr_n$  au signal direct et produire un signal d'entrée  $X2n$  émis dans un système générateur d'écho (26) ; des seconds moyens d'application de gain (12) pour appliquer le gain en émission  $Ge_n$  à un signal de sortie  $Y1n$  issu du système générateur d'écho (26) et produire le signal de retour  $Y2n$  ; ce dispositif comporte en outre des moyens de calcul (30) d'une variable de couplage, COR, caractéristique du couplage acoustique existant entre le signal direct  $X1n$  ou le signal d'entrée  $X2n$ , et le signal de sortie  $Y1n$  ; les moyens de calcul de gains (36) sont aptes à calculer les gains en réception et en émission  $Gr_n$ ,  $Ge_n$  sur la base de cette variable de couplage. L'invention s'applique aussi aux systèmes multivoies.

## DISPOSITIFS DE TRAITEMENT D'ECHO POUR SYSTEMES DE COMMUNICATION DE TYPE MONOVOIE OU MULTIVOIES

5

### DESCRIPTION

La présente invention a trait au domaine des communications. Plus particulièrement l'invention concerne des dispositifs de traitement d'écho acoustique à gains variables et/ou par filtrage adaptatif, destiné à atténuer dans  
10 un signal de retour des composantes d'écho d'un signal direct. L'invention s'applique aux systèmes de communication de type monovoie comme aux systèmes de type multivoies.

L'écho acoustique existe principalement dans certains types de communications où le terminal d'un utilisateur distant se compose d'un (ou  
15 plusieurs) haut-parleur(s) se substituant à l'écouteur, et d'un (ou plusieurs) microphone(s) directif(s). Il s'agit par exemple d'équipements d'audioconférences ou de postes fonctionnant en "mains libres" tels que des téléphones mobiles. Son origine est simple : sans précautions particulières, le son émis par le haut-parleur subit des réflexions multiples (contre les murs, le  
20 plafond etc.) constituant autant d'échos différents, qui sont captés par le microphone au même titre que la parole utile. L'ensemble constitué du haut-parleur, du microphone, et de leur environnement physique constitue ainsi un système générateur d'écho.

Le problème de l'écho acoustique a fait l'objet de nombreuses études  
25 tant dans le cas monovoie (un seul microphone et un seul haut-parleur) que dans le cas multivoies (plusieurs microphones et plusieurs haut-parleurs). Le problème d'écho dans le cas multivoie est semblable à celui du cas monovoie, à la différence près qu'il faut prendre en considération tous les couplages acoustiques possibles entre les divers microphones et haut-parleurs.

30 Parmi les techniques de traitement d'écho les plus couramment utilisées, on trouve les techniques de suppression d'écho à variation de gains et les techniques d'annulation d'écho par filtrage adaptatif.

Dans un système de suppression d'écho à gains variables, un gain en réception est appliqué au signal (signal direct) qui doit être appliqué au haut-parleur (entrée du système générateur d'écho), et un gain en émission est appliqué au signal issu du microphone (sortie du système générateur d'écho) formant le signal de retour. Un tel système de suppression d'écho est décrit dans le document brevet français N° 2 748 184.

Typiquement, des détecteurs d'activité vocale en réception (DAVR) et en émission (DAVE), ainsi qu'un détecteur de double parole (DDP) fournissent les informations nécessaires aux modules calculant les gains en émission et en réception. Ainsi, lorsque le locuteur distant parle (détection par DAVR), le gain en émission est diminué afin d'atténuer l'écho. En cas de prise de parole par le locuteur local (détection par DAVE), cette contrainte sur le gain en émission est relâchée, et le gain en réception est diminué. En cas de double parole (les deux locuteurs parlent simultanément ; phénomène détecté par DDP), un comparateur détermine le locuteur dont le niveau est le plus élevé et privilégie son sens d'émission, ou bien, un réglage intermédiaire des gains en émission et en réception est établi.

Dans un système d'annulation d'écho par filtrage adaptatif (en anglais, *Acoustic Echo Canceled* - AEC), un filtre d'identification estime le couplage acoustique entre le haut-parleur et le microphone, et génère un signal qui est utilisé pour annuler l'écho. Le filtre d'identification est classiquement un filtre programmable à réponse impulsionnelle finie dont les coefficients doivent être adaptés, selon un algorithme prédéterminé de mise à jour des coefficients, utilisant un pas d'adaptation. Les coefficients sont adaptés sur la base du signal qui doit être appliqué au haut-parleur. Un tel système d'annulation d'écho est décrit dans le document brevet français N° 2 738 695.

Souvent, un système de suppression d'écho à gains variables est combiné au système d'annulation d'écho, de manière à supprimer le résidu d'écho qui persiste après l'annulation d'écho.

Cependant, les systèmes de traitement d'écho précités présentent l'inconvénient de ne pas pouvoir prendre en compte une variation du couplage

acoustique entre le haut-parleur et le microphone lorsque cette variation est indépendante du signal qui est appliqué au haut-parleur.

C'est le cas, par exemple, lorsqu'il existe une possibilité de réglage extérieur du niveau sonore restitué par le haut-parleur (par exemple au moyen d'un potentiomètre). En effet, toute variation du niveau sonore restitué modifie le couplage acoustique entre le haut-parleur et le microphone, et donc l'écho capté par le microphone. Or, le système de traitement d'écho ne prenant en compte que le signal qui est appliqué au haut-parleur et non le signal sonore qui est effectivement restitué par ce dernier, il ne peut donc pas prendre en compte une telle modification du couplage acoustique dans son processus de calcul.

Ainsi, si le niveau de restitution sonore a été diminué alors que le système a été initialisé avec un réglage de niveau sonore maximal, dans le cas par exemple, d'un état double parole, il pourra se produire des coupures ou des tronçures dans la parole distante (émise par le haut-parleur).

De même, lorsque, dans le terminal de communication utilisé, le microphone et le haut-parleur sont physiquement indépendants l'un de l'autre, leur distance respective peut varier, ce qui entraîne une variation du couplage acoustique entre le haut-parleur et le microphone, avec les mêmes conséquences que celles exposées ci-dessus.

Dans le cas multivoies, le problème est le même mais généralisé au couplage existant entre les divers microphones et haut-parleurs.

La présente invention a pour but notamment de remédier aux inconvénients exposés ci-dessus des systèmes de traitement d'écho connus.

A cet effet, la présente invention concerne, selon un premier aspect, un dispositif de traitement d'écho pour atténuer dans un signal de retour  $Y_{2n}$  des composantes d'écho d'un signal direct  $X_{1n}$ , comprenant :

- des moyens de calcul de gains en réception et en émission  $G_{r_n}$ ,  $G_{e_n}$  ;
- des premiers moyens d'application de gain pour appliquer le gain en réception  $G_{r_n}$  au signal direct et produire un signal d'entrée  $X_{2n}$  émis dans un système générateur d'écho ;

- des seconds moyens d'application de gain pour appliquer le gain en émission  $Ge_n$  à un signal de sortie  $Y1n$  issu du système générateur d'écho et produire le signal de retour  $Y2n$ .

Conformément à l'invention, ce dispositif de traitement d'écho est remarquable en ce qu'il comporte en outre des moyens de calcul d'une variable de couplage, COR, caractéristique du couplage acoustique existant entre le signal direct  $X1n$  ou le signal d'entrée  $X2n$ , et le signal de sortie  $Y1n$  ; et en ce que les moyens de calcul de gains sont aptes à calculer les gains en réception et en émission  $Gr_n$ ,  $Ge_n$  sur la base de la variable de couplage.

La prise en compte du couplage acoustique réel entre le haut-parleur et le microphone dans le pilotage de la variation des gains appliqués en réception ~~et/ou en émission dans le dispositif, permet d'adapter automatiquement la~~ qualité sonore du signal émis et du signal reçu en fonction des changements d'environnement acoustique du dispositif de traitement d'écho et de la position relative des transducteurs (haut-parleur, microphone), ainsi que, par exemple, en fonction du niveau de restitution sonore choisi par l'utilisateur.

Selon une caractéristique particulière de l'invention, le dispositif de traitement d'écho comporte des moyens d'estimation de la puissance instantanée du signal direct  $X1n$  ou du signal d'entrée  $X2n$ , et de celle du signal de sortie  $Y1n$ . Les moyens de calcul de gains sont alors aptes à calculer les gains en réception et en émission  $Gr_n$ ,  $Ge_n$  sur la base d'une variable  $G$  déterminée en fonction des puissances estimées du signal direct ou du signal d'entrée, et du signal de sortie, et en fonction de la variable de couplage COR, selon l'équation suivante :

$$G = \frac{P2n}{P2n + COR \cdot P1n}$$

où  $P1n$  et  $P2n$  désignent respectivement une estimation à l'instant considéré de la puissance du signal direct  $X1n$  ou du signal d'entrée  $X2n$ , et du signal de sortie  $Y1n$ .

Le terme "COR. $P1n$ " dans l'expression de la variable  $G$  représente l'énergie du signal sonore effectivement capté par le microphone, donc prenant en compte tous les réglages externes (par ex. niveau de restitution sonore)

"non vus" par le système. La variable G varie par conséquent de façon automatique en fonction des changements réels du couplage acoustique haut-parleur/microphone et de ce fait les gains en réception et en émission sont adaptés automatiquement.

5 Selon un second aspect, l'invention concerne un dispositif d'annulation d'écho pour atténuer dans un signal de sortie Y1n des composantes d'écho d'un signal d'entrée X2n émis dans un système générateur d'écho, comprenant :

- un filtre d'identification à réponse impulsionnelle finie représentative de  
10 la réponse du système générateur d'écho, recevant en entrée le signal d'entrée X2n et générant un signal de filtrage Sn ;

~~des moyens de soustraction recevant en entrée, d'une part, un signal~~  
Y3n issu du système générateur d'écho, dont au moins une composante est une réponse du système générateur d'écho au signal d'entrée X2n, et d'autre  
15 part le signal de filtrage Sn, pour soustraire du signal Y3n le signal de filtrage Sn, et produire le signal de sortie Y1n ;

- des moyens d'adaptation des coefficients du filtre d'identification en fonction d'un pas d'adaptation  $\mu_n$  ;

- des moyens de calcul du pas d'adaptation  $\mu_n$ .

20 Ce dispositif est remarquable en ce que les moyens de calcul du pas d'adaptation comprennent des moyens d'estimation de la puissance, P1n, du signal d'entrée X2n, et de celle, P3n, du signal Y3n, et des moyens de calcul d'une première variable de couplage, COR2, caractéristique du couplage acoustique existant entre le signal d'entrée X2n, et le signal Y3n issu du  
25 système générateur d'écho ; le pas d'adaptation  $\mu_n$  du filtre d'identification étant calculé en fonction des puissances estimées P1n, P3n, et en fonction de la première variable de couplage COR2.

L'évaluation de la variable de couplage COR2 précitée, permet ainsi de "piloter" le pas d'adaptation du filtre en fonction du couplage acoustique réel  
30 existant entre le signal d'entrée et le signal de sortie du système générateur d'écho. Cela permet d'améliorer la réactivité du dispositif d'annulation d'écho en

fonction de changements dans l'environnement acoustique du dispositif, et donc d'améliorer le résultat du traitement de l'écho.

Selon une mode de réalisation préféré, le pas d'adaptation  $\mu_n$  est obtenu selon l'équation suivante :

$$\mu_n = \frac{P1n}{\alpha \cdot P1n + COR2.P3n}$$

où  $\alpha$  est une constante positive, et, P1n et P3n désignent respectivement une estimation à l'instant considéré de la puissance du signal d'entrée X2n, et de celle du signal Y3n issu du système générateur d'écho.

Selon une variante de réalisation, les moyens de calcul du pas d'adaptation comprennent en outre des moyens de calcul d'une seconde variable de couplage, COR, caractéristique du couplage acoustique entre le signal d'entrée X2n du système générateur d'écho et le signal de sortie Y1n, la seconde variable de couplage COR étant obtenue par un calcul de corrélation entre les signaux d'entrée X2n et de sortie Y1n ; le pas d'adaptation  $\mu_n$  du filtre d'identification étant en outre calculé en fonction de la seconde variable de couplage COR.

Par la prise en compte additionnelle de la seconde variable de couplage (COR), il est possible de connaître l'état de convergence du filtre d'identification et de contrôler ainsi plus finement le pas d'adaptation.

Selon un troisième aspect, l'invention concerne un dispositif de traitement d'écho pour système de communication multivoies comprenant une pluralité N de voies de réception, N étant un entier supérieur ou égal à 2, et une pluralité M de voies d'émission, M étant un entier supérieur ou égal à 1 ; chacune, i, des N voies de réception comprenant un transducteur de sortie (HPI) qui produit une onde de pression sonore en réponse à un signal d'entrée X2n(i) issu d'un signal direct X1n(i) ; chacune, j, des M voies d'émission comprenant un transducteur d'entrée (MCj) qui convertit une onde de pression sonore en un signal de sortie Y1n(j). Le dispositif de traitement d'écho est destiné à atténuer dans chaque signal de sortie Y1n(j) des composantes d'écho provenant de tout ou partie des N signaux d'entrée X2n(i), et résultant du



couplage acoustique existant entre le transducteur d'entrée de la voie d'émission considérée et tout ou partie des M transducteurs de sortie.

Conformément à l'invention, ce dispositif est remarquable en ce qu'il comporte :

5           - des moyens de calcul de gains en réception  $Gr_n(i)$  et de gains en émission  $Ge_n(j)$  ;

          - des moyens d'application de gains en réception pour appliquer un gain en réception  $Gr_n(i)$  à chaque signal direct  $X1n(i)$  et produire le signal d'entrée  $X2n(i)$  correspondant ;

10           - des moyens d'application de gains en émission pour appliquer un gain en émission  $Ge_n(j)$  à chaque signal de sortie  $Y1n(j)$  et produire un signal de retour  $Y2n(j)$  correspondant ;

          - des moyens de calcul, pour chaque voie d'émission j, de N variables de couplage  $COR(j,i)$ , i variant de 1 à N, chacune desquelles étant caractéristique du couplage acoustique existant entre le signal de sortie  $Y1n(j)$  de la voie

15 d'émission et un des N signaux d'entrée  $X2n(i)$  ;

les moyens de calcul de gains étant aptes à calculer chaque gain en réception  $Gr_n(i)$  et chaque gain en émission  $Ge_n(j)$  sur la base des N variables de couplage  $COR(j,i)$  calculées pour la voie d'émission j associée.

20           Les avantages relatifs à ce mode de calcul de gains en ce qui concerne un couple donné (i,j) de voies de réception et d'émission, sont de même nature que ceux obtenus avec un dispositif monovoie à gains variables selon l'invention, tel que brièvement exposé plus haut.

          Selon un mode de réalisation préféré de l'invention, le dispositif de

25 traitement d'écho comporte des moyens d'estimation de la puissance instantanée,  $P1n_i$ , de chaque signal d'entrée  $X2n(i)$ , et de celle,  $P2n_j$ , de chaque signal de sortie  $Y1n(j)$ , les moyens de calcul de gains en émission étant aptes à calculer chaque gain en émission  $Ge_n(j)$  sur la base de N variables  $G(j, i)$ , i variant de 1 à N, chacune desquelles étant déterminée en fonction des

30 puissances estimées d'un signal d'entrée  $X2n(i)$ , et du signal de sortie  $Y1n(j)$  de la voie d'émission considérée, et en fonction de la variable de couplage

COR(j, i) correspondante, chacune des variables  $G(j,i)$  étant obtenue selon l'équation suivante :

$$G(j,i) = \frac{P2n_j}{P2n_j + COR(j,i) \cdot P1n_i}$$

où  $P1n_i$  et  $P2n_j$  désignent respectivement une estimation à l'instant  
5 considéré de la puissance du signal d'entrée  $X2n(i)$ , et du signal de sortie  $Y1n(j)$  considérés.

Selon un quatrième aspect, l'invention concerne un dispositif d'annulation d'écho pour système de communication multivoies comprenant une pluralité N de voies de réception, N étant un entier supérieur ou égal à 2, et une pluralité M de voies d'émission, M étant un entier supérieur ou égal à 1 ; chacune, i, des N  
10 voies de réception comprenant un transducteur de sortie (HPI) qui produit une onde de pression sonore en réponse à un signal d'entrée  $X2n(i)$  ; chacune, j, des M voies d'émission comprenant un transducteur d'entrée (MCj) qui convertit une onde de pression sonore en un signal de sortie  $Y1n(j)$  ; le dispositif  
15 comprenant :

- pour chaque voie d'émission j, N filtres d'identification  $F_{ij}$  à coefficients variables pour estimer le couplage acoustique entre chacun des N transducteurs de sortie (HPI) et le transducteur d'entrée (MCj) de la voie d'émission j, et
- 20 - pour chaque filtre  $F_{ij}$ , des moyens d'adaptation des coefficients du filtre en fonction d'un pas d'adaptation  $\mu_n(i,j)$ , et des moyens de calcul du pas d'adaptation  $\mu_n(i,j)$ .

Conformément à l'invention, ce dispositif est remarquable en ce qu'il comporte :

- 25 - des moyens d'estimation de la puissance instantanée  $P1n_i$  de chaque signal d'entrée  $X2n(i)$ , et de celle  $P2n_j$  de chaque signal de sortie  $Y1n(j)$  ;
- des moyens de calcul, pour chaque voie d'émission j, de N variables de couplage  $COR(j,i)$ , i variant de 1 à N, chacune desquelles étant caractéristique

du couplage acoustique existant entre le signal de sortie  $Y1n(j)$  de la voie d'émission et un des N signaux d'entrée  $X2n(i)$  ;

les moyens de calcul du pas d'adaptation  $\mu_n(i,j)$  pour un filtre  $F_{ij}$  associé à une voie de réception  $i$  et à une voie d'émission  $j$  étant aptes à calculer le pas d'adaptation  $\mu_n(i,j)$  en fonction des puissances estimées  $P1n_i$ ,  $i$  variant de 1 à N, pour les N voies de réception, de la puissance  $P2n_j$  estimée pour la voie d'émission  $j$ , et en fonction des N variables de couplage  $COR(j, i)$ ,  $i$  variant de 1 à N, associées à la voie d'émission  $j$ .

Selon un mode de réalisation préféré, un pas d'adaptation  $\mu_n(i, j)$  pour un filtre  $F_{ij}$  associé à une voie de réception  $i$  et à une voie d'émission  $j$ , est obtenu selon l'équation suivante :

$$\mu_n(i, j) = \frac{P1n_i}{b_i \cdot P1n_i + COR(j, i) \cdot P2n_j + \sum_{k \neq i} COR(j, k) \cdot P1n_k}$$

où  $b_i$  est une constante positive.

D'autres particularités et avantages de l'invention apparaîtront encore dans la description ci-après de modes préférés de réalisation, faite à l'appui des dessins annexés, sur lesquels

- la figure 1 est un schéma-bloc d'un dispositif de traitement d'écho monovoie à gains variables, selon un premier mode de réalisation de l'invention ;

- la figure 2 est un schéma-bloc d'un dispositif de traitement d'écho monovoie selon un second mode de réalisation de l'invention, le dispositif combinant un système à gains variables et un système d'annulation d'écho ;

- la figure 3 est un schéma-bloc d'un dispositif d'annulation d'écho monovoie selon un troisième mode de réalisation de l'invention ;

- la figure 4 est un schéma-bloc d'un dispositif d'annulation d'écho monovoie selon un quatrième mode de réalisation de l'invention ;

- la figure 5 est un schéma-bloc d'un dispositif de traitement d'écho monovoie selon l'invention combinant les premier et quatrième modes de réalisation de l'invention ;

5 - la figure 6 est un schéma-bloc d'un dispositif de traitement d'écho multivoies à gains variables selon un cinquième mode de réalisation de l'invention ; et

- la figure 7 est un schéma-bloc d'un dispositif d'annulation d'écho multivoies selon un sixième mode de réalisation de l'invention.

10 La **figure 1** montre un dispositif de traitement d'écho monovoie à gains variables, selon un premier mode de réalisation de l'invention. Ce dispositif est intégré par exemple dans un poste téléphonique mains libres.

Comme représenté à la figure 1, ce dispositif reçoit et émet des signaux  
15 numériques  $X_{1n}$ ,  $Y_{2n}$  appelés respectivement signal direct et signal de retour.

Le dispositif de traitement d'écho comporte un module 36 de calcul de gains en réception ( $Gr_n$ ) et en émission ( $Ge_n$ ). Le gain en réception  $Gr_n$  est appliqué au signal direct  $X_{1n}$  au moyen d'un multiplieur 10 afin d'obtenir un signal d'entrée  $X_{2n}$  émis dans un système générateur d'écho 26.

20 De même, le gain en émission  $Ge_n$  est appliqué à un signal de sortie  $Y_{1n}$  issu du système générateur d'écho, au moyen d'un multiplieur 12 afin de produire le signal de retour  $Y_{2n}$ .

Le signal d'entrée  $X_{2n}$  est délivré à un haut-parleur 22 via un convertisseur numérique analogique (CNA) 14 et un amplificateur 18.  
25 L'amplificateur 18 est typiquement à gain variable, de sorte qu'un utilisateur du dispositif puisse régler à sa convenance le volume du son délivré par le haut-parleur 22.

De manière similaire, le signal de sortie  $Y_{1n}$  est obtenu à partir d'un microphone 24, via un amplificateur 20 et un convertisseur analogique  
30 numérique (CAN) 16.

Dans l'exemple représenté, le dispositif comporte un seul haut-parleur 22 et un seul microphone 24 faisant partie du système 26 générateur d'écho.

Cependant, le dispositif de l'invention représenté à la figure 1 s'applique également à un système dans lequel le signal d'entrée X2n est émis dans le système générateur d'écho au moyen de plusieurs haut-parleurs (22) diffusant le même signal sonore, et dans lequel le signal de sortie Y1n est obtenu à partir du système générateur d'écho par l'intermédiaire de plusieurs microphones (24).

Conformément à l'invention, le dispositif de traitement d'écho comporte un module 30 de calcul d'une variable de couplage, désignée ici par "COR", caractéristique du couplage acoustique existant entre le signal direct X1n ou le signal d'entrée X2n, et le signal de sortie Y1n.

A cet effet, le module de calcul 30 comprend une unité de calcul 34. La variable de couplage COR est calculée par l'unité 34 puis utilisée par le module 36 de calcul de gains, pour calculer les gains en réception et en émission  $Gr_n$ ,  $Ge_n$ .

Selon le mode de réalisation représenté sur la fig. 1, le module 30 de calcul de la variable de couplage (COR) comprend une unité 28 d'estimation de la puissance instantanée ( $P1n$ ) du signal d'entrée X2n et/ou du signal direct X1n, et une unité d'estimation de celle ( $P2n$ ) du signal de sortie Y1n.

Dans ce mode de réalisation, le module 36 de calcul de gains est conçu pour calculer les gains en réception et en émission  $Gr_n$ ,  $Ge_n$  sur la base d'une variable G calculée, par l'unité de calcul 34, en fonction d'une part, de la puissance estimée  $P1n$  du signal direct et/ou du signal d'entrée, et de la puissance estimée  $P2n$  du signal de sortie, et, d'autre part, en fonction de la variable de couplage COR.

Selon un mode de réalisation préféré de l'invention, la variable G est déterminée par l'unité 34 de calcul selon l'équation suivante :

$$G = \frac{P2n}{P2n + COR \cdot P1n} \quad (1)$$

où  $P1n$  et  $P2n$  désignent respectivement une estimation à l'instant considéré de la puissance du signal direct X1n ou du signal d'entrée X2n, et du signal de sortie Y1n.

Ainsi, un niveau de corrélation important (couplage fort) entre le signal direct X1n ou le signal d'entrée X2n, et le signal de sortie Y1n, conduira à une valeur faible de la variable G de manière à supprimer l'écho, alors qu'un couplage faible aura l'effet inverse sur la variable G.

- 5 Selon une implémentation préférée de l'invention, les gains en réception  $Gr_n$  et en émission  $Ge_n$  sont alors déterminés de façon récursive par le module 36 de calcul de gains, selon les équations suivantes :

$$\begin{aligned} Ge_n &= \gamma \cdot Ge_{n-1} + (1 - \gamma) \cdot G \\ Gr_n &= 1 - \delta \cdot Ge_n \end{aligned} \quad (2)$$

- 10 où  $Ge_{n-1}$  désigne la valeur du gain en émission à l'instant de calcul précédent, et  $\gamma$  et  $\delta$  désignent des constantes positives inférieures à 1.

~~Le calcul de gains ci-dessus (équation (2)), donné à titre d'exemple de~~  
réalisation, dérive d'un mode de calcul exposé dans le document brevet N° 2 748 184, modifié conformément à l'invention par la prise en compte dans celui-ci de la variable G définie plus haut (équation (1)).

- 15 Selon une implémentation particulière, de bons résultats ont été obtenus avec  $\gamma$  égal à 0,95 pour un calcul effectué à la fréquence de 8 kiloHertz (kHz).

Avec le mode de calcul ci-dessus, les gains en réception et en émission sont directement liés à la variable G, ce qui permet de traiter l'écho de manière adaptative en fonction des caractéristiques réelles du système générateur  
20 d'écho. En outre, la plage de variation du gain en émission  $Ge_n$  est une fonction décroissante de la variable G, ce qui permet d'améliorer automatiquement, par une augmentation du gain, la qualité sonore perçue par le locuteur distant, lorsque la composante d'écho du signal capté par le microphone diminue.

- 25 Par ailleurs, on notera que ces avantages ont été obtenus sans recourir à des détecteurs d'activité vocale ou de double parole, qui sont des éléments complexes et de fiabilité parfois insuffisante dans les dispositifs de traitement d'écho connus.

#### Calcul de la variable de couplage (COR)

- 30 Conformément à l'invention, la variable de couplage COR – qui caractérise le couplage acoustique existant entre le signal direct X1n (ou le

signal d'entrée X2n), et le signal de sortie Y1n – est obtenue à partir d'un calcul de corrélation entre le signal direct X1n (ou le signal d'entrée X2n), et le signal de sortie Y1n.

On peut par exemple utiliser un calcul de corrélation d'enveloppes. Ainsi  
 5 selon un mode de réalisation particulier, la variable de couplage COR est définie comme étant une fonction de la valeur maximale, Maxcor, de valeurs de corrélation corr(j) entre le signal direct X1n ou le signal d'entrée X2n, et le signal de sortie Y1n. Les valeurs de corrélation corr(j) sont calculées sur une  
 10 fenêtre temporelle considérée, chacune d'entre elles étant obtenue selon l'équation suivante :

$$corr(j) = \frac{\sum_{i=0}^{LM-1} P1(i) \cdot P2(i+j)}{\sum_{i=0}^{LM-1} P1^2(i)} \quad (3)$$

où : i représente un instant d'échantillonnage dans la fenêtre temporelle de calcul de durée LM, j représente une valeur de décalage entre les signaux d'entrée X2n et de sortie Y1n ; et P1(t) et P2(t) représentent respectivement  
 15 une estimation à un instant t considéré de la puissance du signal direct X1n ou du signal d'entrée X2n, et du signal de sortie Y1n.

En pratique, le calcul de corrélation d'enveloppes est effectué sur des fenêtres temporelles de 1 seconde pour chaque signal (entrée et sortie), et un décalage maximal de 300 millisecondes entre les signaux. Le calcul est  
 20 effectué à une fréquence d'échantillonnage réduite de 125 Hertz.

Dans ce mode de réalisation, on obtient de très bons résultats avec la variable COR définie selon l'équation suivante :

$$COR = Exp(k \cdot Maxcor) \quad (4)$$

où Exp désigne la fonction exponentielle, et k est une constante positive.

25 En pratique, de très bons résultats ont été obtenus avec k égal à 3. Par ailleurs il est conseillé de limiter le terme  $Exp(3 \cdot Maxcor)$  à 25, ce qui correspond à une corrélation maximum de 1,07.

En liaison avec la **figure 2** on va décrire un dispositif de traitement d'écho monovoie selon un second mode de réalisation de l'invention. Ce dispositif combine un système à gains variables, tel que décrit ci-dessus en référence à la figure 1, et un système d'annulation d'écho.

5 Le dispositif de traitement d'écho représenté à la figure 2, comporte comme celui représenté à la figure 1, un module 36 de calcul de gains en réception ( $G_{r_n}$ ) et en émission ( $G_{e_n}$ ), et un module 30 d'évaluation, au travers de la détermination de la variable COR, du couplage acoustique existant entre le signal direct  $X1_n$  ou le signal d'entrée  $X2_n$ , et le signal de sortie  $Y1_n$ . Les  
10 caractéristiques et le fonctionnement des modules 30 et 36 de la figure 2 est identique à ceux de la figure 1.

Conformément à l'invention ce dispositif peut inclure en outre un dispositif d'annulation d'écho 40 recevant en entrée, d'une part, le signal d'entrée  $X2_n$  émis dans le système générateur d'écho 26, et d'autre part, un  
15 signal  $Y3_n$  issu du système générateur d'écho 26. Le système d'annulation d'écho 40 comprend, de manière classique, un filtre d'identification 42 à réponse impulsionnelle finie représentative de la réponse du système générateur d'écho (26).

En fonctionnement, le filtre d'identification 42 produit un signal de filtrage  
20  $S_n$ , et soustrait, au moyen d'un soustracteur 44, le signal de filtrage  $S_n$  du signal  $Y3_n$ . Il produit alors le signal de sortie  $Y1_n$  qui est reçu en entrée par le multiplieur 12 afin de lui appliquer un gain en émission  $G_{e_n}$ , calculé par le module 36.

Dans ce mode de réalisation, le système est initialisé avec l'annuleur  
25 d'écho 40 inactif (il n'a pas encore convergé) de manière à garantir la stabilité sans Larsen. Ensuite, lorsque le filtre d'identification 42 a convergé, une évaluation du couplage (variable COR) est effectuée, de manière non intrusive, par le module 30. Le calcul de corrélation est mesuré dans ce mode de réalisation, entre le signal direct  $X1_n$  ou le signal d'entrée  $X2_n$ , et le signal  $Y1_n$   
30 qui est ici le signal "résidu" issu de l'annuleur d'écho (40). Ensuite, le couplage acoustique est évalué de manière cyclique de façon à adapter



automatiquement la valeur des gains en émission et en réception en fonction des variations du couplage acoustique.

Dans ce mode de réalisation, on cumule les effets d'un dispositif d'annulation d'écho (40) classique, avec un dispositif de traitement d'écho à gains variables (fig. 1) conforme à l'invention, pour obtenir un traitement optimal de l'écho.

En pratique, dans ce mode de réalisation, on obtient de très bons résultats avec la variable COR, fonction de Maxcor (cf. définition supra), définie comme suit :

$$COR = 0,75 \cdot \text{Exp}(\text{Maxcor}) \quad (5)$$

En liaison avec la **figure 3**, on va à présent décrire un dispositif d'annulation d'écho monovoie, selon un troisième mode de réalisation de l'invention. Dans ce mode de réalisation, le principe de l'estimation du couplage acoustique entre des signaux d'entrée et de sortie d'un système générateur d'écho, avec calcul de variable de couplage (COR) tel que décrit supra, est appliqué au calcul du pas d'adaptation du filtre d'un dispositif d'annulation d'écho.

Comme représenté à la figure 3, un dispositif d'annulation d'écho selon l'invention comprend classiquement un filtre d'identification 42 à réponse impulsionnelle finie représentative de la réponse du système générateur d'écho 26. Le système générateur d'écho est constitué par l'ensemble formé du haut-parleur 22, du microphone 24, et de leur environnement physique (murs, bruit de fond, etc. ).

Le filtre 42 reçoit entrée un signal d'entrée  $X_{2n}$  qui est émis dans le système générateur d'écho 26 (via un CNA 14 et un amplificateur 18), et génère un signal de filtrage  $S_n$ .

Le dispositif d'annulation d'écho comprend un soustracteur 44 qui reçoit en entrée, d'une part un signal  $Y_{3n}$  issu du système générateur d'écho (via un amplificateur 20 et un CAN 16). Par conséquent, au moins une composante du signal  $Y_{3n}$  est une réponse du système générateur d'écho au signal d'entrée  $X_{2n}$ .

D'autre part, le soustracteur 44 reçoit en entrée le signal de filtrage  $S_n$ , et soustrait ainsi le signal de filtrage  $S_n$  du signal  $Y_{3n}$  pour produire un signal de sortie  $Y_{1n}$ .

Le dispositif d'annulation d'écho comprend un module de mise à jour 46  
5 des coefficients du filtre d'identification en fonction d'un pas d'adaptation  $\mu_n$ . Il comprend enfin un module de calcul 50 du pas d'adaptation  $\mu_n$ .

Le module 50 de calcul du pas d'adaptation du filtre comprend des unités 28, 48 d'estimation de la puissance,  $P_{1n}$ , du signal d'entrée  $X_{2n}$ , et de celle,  $P_{3n}$ , du signal  $Y_{3n}$ .

10 Le module 50 comporte en outre une unité 52 de calcul d'une variable de couplage,  $COR2$ , caractéristique du couplage acoustique existant entre le signal d'entrée  $X_{2n}$ , et le signal  $Y_{3n}$  issu du système générateur d'écho (26).

Le module 50 comporte enfin une unité 54 de calcul du pas.  
Conformément à la présente invention, le pas d'adaptation  $\mu_n$  du filtre  
15 d'identification est calculé en fonction des puissances estimées  $P_{1n}$ ,  $P_{3n}$ , et en fonction de la variable de couplage  $COR2$ .

Selon un mode de réalisation préféré de l'invention, le pas d'adaptation  $\mu_n$  est obtenu selon l'équation suivante :

$$\mu_n = \frac{P_{1n}}{\alpha \cdot P_{1n} + COR2 \cdot P_{3n}} \quad (6)$$

20 où  $\alpha$  est une constante positive, et,  $P_{1n}$  et  $P_{3n}$  désignent respectivement une estimation à l'instant considéré de la puissance du signal d'entrée  $X_{2n}$ , et de celle du signal  $Y_{3n}$  issu du système générateur d'écho.

L'évaluation de la variable de couplage  $COR2$  précitée, permet ainsi de "piloter" le pas d'adaptation du filtre en fonction du couplage acoustique réel  
25 existant entre le signal d'entrée et le signal de sortie du système générateur d'écho. Cela permet d'améliorer la réactivité du dispositif d'annulation d'écho en fonction de changements dans l'environnement acoustique du dispositif – par exemple, suite à une variation du volume de restitution sonore réglé par l'utilisateur du dispositif, ou une utilisation du dispositif dans un environnement  
30 bruité (rue, voiture,...) – et donc, d'améliorer le résultat du traitement de l'écho.

Selon le même principe que pour la variable COR définie plus haut en liaison avec la figure 1, la variable de couplage COR2 est obtenue à partir d'un calcul de corrélation entre le signal d'entrée X2n et le signal Y3n. En pratique, il s'agit également d'un calcul de corrélation d'enveloppes. Dans une  
 5 implémentation préférée, la variable de couplage COR2 est définie comme étant une fonction de la valeur maximale, désignée par "Maxcor2", des valeurs de corrélation, désignées par "corr2(j)", calculées sur une fenêtre temporelle considérée. Chacune des valeurs de corrélation corr2(j) est calculée selon l'équation suivante :

$$10 \quad \text{corr2}(j) = \frac{\sum_{i=0}^{LM-1} P1(i) \cdot P3(i+j)}{\sum_{i=0}^{LM-1} P1^2(i)} \quad (7)$$

où :

i représente un instant d'échantillonnage dans la fenêtre temporelle de calcul de durée LM, j représente une valeur de décalage entre le signal d'entrée X2n et le signal Y3n ; et

15 P1(t) et P3(t) représentent respectivement une estimation à un instant t considéré de la puissance du signal d'entrée X2n, et de celle du signal Y3n.

Dans ce mode de réalisation, on obtient de très bons résultats avec la variable COR2 définie selon l'équation suivante :

$$COR2 = \frac{k}{Maxcor2} \quad (8)$$

20 où k est une constante positive.

Selon un quatrième mode de réalisation de l'invention, le dispositif d'annulation d'écho monovoie décrit ci-dessus peut être complété par un module de calcul d'une seconde variable de couplage, désignée par COR (par  
 25 analogie avec celle de la fig. 1), caractéristique du couplage acoustique entre le signal d'entrée X2n du système générateur d'écho, et le signal de sortie Y1n issu du soustracteur 44 de l'annuleur d'écho.

La **figure 4** représente un dispositif d'annulation d'écho conforme à ce quatrième mode de réalisation. Comme représenté à la figure 4, le dispositif d'annulation d'écho comporte un module de calcul 50 du pas d'adaptation  $\mu_n$  de structure similaire à celui décrit en liaison avec la figure 3. Le dispositif  
 5 comporte en outre une unité 30a de calcul d'une seconde variable de couplage, COR.

La variable COR est caractéristique du couplage acoustique entre le signal d'entrée X2n du système générateur d'écho 26 et le signal de sortie Y1n. La seconde variable de couplage COR est obtenue par un calcul de corrélation  
 10 entre les signaux d'entrée X2n et de sortie Y1n.

La structure de l'unité 30a de calcul est similaire à l'unité 30 décrite plus haut en référence à la figure 1.

Dans le cadre du mode de réalisation illustré en liaison avec la figure 4, la seconde variable COR est obtenue selon le même principe que pour la  
 15 variable COR définie plus haut en liaison à la figure 1, c'est-à-dire selon un calcul de corrélation d'enveloppes entre les signaux d'entrée X2n et de sortie Y1n. En particulier, la variable COR est définie comme étant une fonction de la valeur maximale, Maxcor, de valeurs de corrélation corr(j) entre le signal d'entrée X2n et le signal de sortie Y1n.

20 La seconde variable de couplage COR calculée par l'unité 30a est fournie à l'unité 54 (voir fig. 3) de calcul du pas d'adaptation du filtre, de sorte que le pas d'adaptation  $\mu_n$  est en outre calculé en fonction de la seconde variable de couplage COR.

En pratique, le pas d'adaptation  $\mu_n$  est calculé selon l'équation suivante :

$$25 \quad \mu_n = \frac{COR}{COR2} \cdot \frac{P1n}{\alpha \cdot P1n + COR2 \cdot P3n} \quad (9)$$

où  $\alpha$  est une constante positive, et, P1n et P3n désignent respectivement une estimation à l'instant considéré de la puissance du signal d'entrée X2n, et de celle du signal Y3n issu du système générateur d'écho.

Dans le mode de réalisation dans lequel la variable COR est une fonction  
 30 prédéterminée, f, de la variable Maxcor, et la variable COR2 est une fonction

prédéterminée, g, de la variable Maxcor2 (voir définition plus haut), l'équation (9) ci-dessus peut donc être exprimée sous la forme suivante :

$$\mu_n = \frac{f(\text{Maxcor})}{g(\text{Maxcor2})} \cdot \frac{P1n}{\alpha \cdot P1n + \text{COR2} \cdot P3n} \quad (9a)$$

Par la prise en compte additionnelle de la seconde variable de couplage (COR), il est possible de connaître l'état de convergence du filtre d'identification et de contrôler ainsi plus finement le pas d'adaptation.

Selon un autre mode de réalisation de l'invention, on peut combiner le dispositif de traitement d'écho décrit plus haut en liaison avec la figure 1 et celui décrit ci-dessus en liaison avec la figure 4. Un tel dispositif est illustré par la figure 5.

Sur la figure 5, les éléments référencés 10, 12, 36, 30 sont identiques à celles représentés à la figure 1 et constituent un dispositif selon l'invention de traitement d'écho monovoie à gains variables. D'autre part, les éléments 50, 46, 40 sont identiques à ceux du dispositif d'annulation d'écho représenté à la figure 4. Lorsque les blocs 30 et 50 sont adaptés de telle sorte que le bloc 30 puisse délivrer la variable COR au bloc 50 et ce dernier puisse calculer le pas d'adaptation du filtre 42 en fonction des variables COR, COR2 comme exposé supra, on obtient alors une combinaison des systèmes décrits en liaison avec les figures 1 et 4, permettant de cumuler les avantages procurés par chacun des deux systèmes.

La présente invention s'applique aussi à des dispositifs de traitement d'écho destinés à un système de communication multivoies.

Ainsi, en référence à la figure 6, on va maintenant décrire un dispositif de traitement d'écho multivoies à gains variables, selon un cinquième mode de réalisation de l'invention.

Comme représenté à la figure 6, un dispositif de traitement d'écho multivoies à gains variables selon l'invention, est destiné à être utilisé pour un système de communication multivoies comprenant une pluralité N de voies de

réception,  $N$  étant un entier supérieur ou égal à 2, et une pluralité  $M$  de voies d'émission,  $M$  étant un entier supérieur ou égal à 1.

Chacune,  $i$ , des  $N$  voies de réception comprend un transducteur de sortie HPI, typiquement un haut-parleur, qui produit une onde de pression sonore en  
5 réponse à un signal d'entrée  $X_{2n}(i)$  issu d'un signal direct  $X_{1n}(i)$ .

Chacune,  $j$ , des  $M$  voies d'émission comprend un transducteur d'entrée MCj, typiquement un microphone, qui convertit une onde de pression sonore en un signal de sortie  $Y_{1n}(j)$ .

Un tel dispositif de traitement d'écho est destiné à atténuer dans chaque  
10 signal de sortie  $Y_{1n}(j)$  des composantes d'écho provenant de tout ou partie des  $N$  signaux d'entrée  $X_{2n}(i)$ , et résultant du couplage acoustique existant entre le microphone de la voie d'émission considérée et tout ou partie des  $N$  haut-parleurs.

Comme représenté sur la figure 6, un dispositif de traitement d'écho  
15 multivoies à gains variables selon l'invention, comprend un module 64 de calcul de gains en réception  $Gr_n(i)$  et de gains en émission  $Ge_n(j)$ .

Il comprend en outre  $N$  multiplieurs 68 destinés à appliquer un gain en réception  $Gr_n(i)$  à chaque signal direct  $X_{1n}(i)$  et produire le signal d'entrée  $X_{2n}(i)$  correspondant.

20 De façon similaire, le dispositif comprend des multiplieurs 66 pour appliquer un gain en émission  $Ge_n(j)$  à chaque signal de sortie  $Y_{1n}(j)$  et produire un signal de retour  $Y_{2n}(j)$  correspondant.

Il comprend d'autre part, un module de calcul 62 chargé de calculer, pour chaque voie d'émission  $j$ ,  $N$  variables de couplage  $COR(j,i)$ ,  $i$  variant de 1 à  $N$ ,  
25 chacune des  $N$  variables étant caractéristique du couplage acoustique existant entre le signal de sortie  $Y_{1n}(j)$  de la voie d'émission  $j$  considérée et un des  $N$  signaux d'entrée  $X_{2n}(i)$ .

Conformément à l'invention, le module 64 de calcul de gains calcule chaque gain en réception  $Gr_n(i)$ , et chaque gain en émission  $Ge_n(j)$  sur la base  
30 des  $N$  variables de couplage  $COR(j,i)$  calculées pour la voie d'émission  $j$  associée.

Les avantages relatifs à ce mode de calcul de gains en ce qui concerne un couple donné (i,j) de voies de réception et d'émission, sont de même nature que ceux obtenus avec un dispositif monovoie à gains variables selon l'invention, décrit plus haut en liaison avec la figure 1.

5 Par ailleurs, selon un mode de réalisation préféré, le dispositif de traitement d'écho multivoies représenté à la figure 6, comprend un module de calcul de puissance (non représenté) apte à estimer la puissance instantanée,  $P1n_i$ , de chaque signal d'entrée  $X2n(i)$ , et de celle,  $P2n_j$ , de chaque signal de sortie  $Y1n(j)$ .

10 Dans ce mode de réalisation, chaque module 62 de calcul de variables de corrélation (COR) calcule en outre N variables  $G(j, i)$ , i variant de 1 à N, chacune desquelles étant déterminée en fonction de la puissance estimée  $P1n_i$  d'un signal d'entrée  $X2n(i)$ , et de celle  $P2n_j$  du signal de sortie  $Y1n(j)$  de la voie d'émission considérée. Selon l'invention chacune des variables  $G(j,i)$  est  
15 obtenue selon l'équation suivante :

$$G(j,i) = \frac{P2n_j}{P2n_j + COR(j,i) \cdot P1n_i} \quad (10)$$

où  $P1n_i$  et  $P2n_j$  désignent respectivement une estimation à l'instant considéré de la puissance du signal d'entrée  $X2n(i)$ , et du signal de sortie  $Y1n(j)$  considérés.

20 Chaque module 64 de calcul de gains calcule alors chaque gain en émission  $Ge_n(j)$  sur la base des N variables  $G(j,i)$ , et en fonction de la variable de couplage  $COR(j, i)$  correspondante.

Selon une implémentation préférée, chaque gain en émission  $Ge_n(j)$  est déterminé à partir de la valeur minimale des N variables  $G(j,i)$ , i variant de 1 à  
25 N, calculées pour la voie d'émission j associée.

En pratique, chaque gain en émission  $Ge_n(j)$  est déterminé selon l'équation suivante :

$$Ge_n(j) = \gamma \cdot Ge_{n-1}(j) + (1 - \gamma) \cdot \min_i (G(j,i)) \quad (11)$$

où :

$Ge_{n-1}(j)$  désigne la valeur du gain en émission de la voie d'émission  $j$  à l'instant de calcul précédent,

$\gamma$  désigne une constante positive inférieure à 1, et

$\min_i(G(j,i))$  désigne la valeur minimale des  $N$  variables  $G(j,i)$ ,  $i$  variant de 1 à  $N$ .

En prenant la valeur minimale  $\min_i(G(j,i))$  on applique à la voie  $j$  considérée le plus petit gain (c.-à-d., le plus grand affaiblissement), qui tient par conséquent compte de la valeur de couplage la plus grande dans tous les chemins d'écho possibles du système.

De préférence (mais non nécessairement) en combinaison avec le mode de calcul des gains en émission, exposé ci-dessus, tous les gains en réception  $Gr_n(i)$  ont la même valeur déterminée selon l'équation suivante :

$$Gr_n(i) = 1 - \delta \cdot \max_j(Ge_n(j)) \quad (12)$$

où  $\delta$  désigne une constante positive inférieure à 1, et  $\max_j(Ge_n(j))$  désigne la valeur maximale des  $M$  gains en émission  $Ge_n(j)$ ,  $j$  variant de 1 à  $M$ .

Cependant, selon une autre implémentation du dispositif représenté à la figure 6, chacun des gains en réception  $Gr_n(i)$  est choisi égal à 1. Cette solution présente l'avantage de simplifier le mode de calcul des gains, tout en procurant de très bons résultats de traitement d'écho.

#### Calcul de chaque variable de couplage (COR(j,i))

Conformément à l'invention, chaque variable de couplage  $COR(j,i)$  est obtenue à partir d'un calcul de corrélation entre le signal de sortie  $Y1n(j)$  et le signal d'entrée  $X2n(i)$ , correspondants. Selon une implémentation préférée, on effectue un calcul de corrélation d'enveloppes.

En pratique, chaque variable de couplage  $COR(j,i)$  est obtenue à partir de la valeur maximale,  $Maxcor$ , des valeurs de corrélation  $corr_{ji}(d)$  entre le signal de sortie  $Y1n(j)$  et le signal d'entrée  $X2n(i)$  correspondants, ces valeurs de corrélation  $corr_{ji}(d)$  étant calculées sur une fenêtre temporelle prédéfinie.

Chacune des valeurs de corrélation est obtenue selon l'équation suivante :



$$corr_{ji}(d) = \frac{\sum_{c=0}^{LM-1} P1n_i(c) \cdot P2n_j(c+d)}{\sum_{c=0}^{LM-1} P1n_i^2(c)} \quad (13)$$

où :

c représente un instant d'échantillonnage dans la fenêtre temporelle de calcul de durée LM,

5 d représente une valeur de décalage entre les signaux d'entrée X2n(i) et de sortie Y1n(j) ; et

$P1n_i(t)$  et  $P2n_j(t)$  représentent respectivement une estimation à un instant t considéré de la puissance du signal d'entrée X2n(i) et du signal de sortie Y1n(j) considérés.

10

En liaison avec la **figure 7**, on va décrire un dispositif d'annulation d'écho multivoies selon un sixième mode de réalisation de l'invention. Ce mode de réalisation peut être considéré comme la généralisation au cas multivoies des dispositifs d'annulation d'écho monovoie décrits plus haut en liaison avec les

15 figures 3 et 4.

Comme représenté à la figure 7, un dispositif d'annulation d'écho multivoies selon l'invention, comprend une pluralité N de voies de réception, N étant un entier supérieur ou égal à 2, et une pluralité M de voies d'émission, M étant un entier supérieur ou égal à 1.

20 Chacune, i, des N voies de réception comprenant un transducteur de sortie (haut-parleur) HPI qui produit une onde de pression sonore en réponse à un signal d'entrée X2n(i). D'autre part, chacune, j, des M voies d'émission comprend un transducteur d'entrée (microphone) MCj qui convertit une onde de pression sonore en un signal de sortie Y1n(j).

25 Par ailleurs, le dispositif d'annulation d'écho comprend, pour chaque voie d'émission j, N filtres d'identification Fij à coefficients variables pour estimer le couplage acoustique entre chacun des N haut-parleurs HPI et le microphone MCj de la voie d'émission j. Il comprend d'autre part, pour chaque filtre Fij, des

moyens d'adaptation (non représentés) des coefficients du filtre en fonction d'un pas d'adaptation  $\mu_n(i,j)$ , et des moyens de calcul (non représentés) du pas d'adaptation  $\mu_n(i,j)$ .

5 Chaque filtre  $F_{ij}$  associé à une voie de réception  $i$  et à une voie d'émission  $j$  génère un signal de filtrage qui est soustrait au signal de sortie  $Y1n(j)$  pour fournir un signal filtré  $Y2n(j)$ .

Conformément à l'invention, le dispositif comprend en outre des moyens (non représentés) d'estimation de la puissance instantanée  $P1n_i$  de chaque signal d'entrée  $X2n(i)$ , et de celle  $P2n_j$  de chaque signal de sortie  $Y1n(j)$ .

10 - Il comprend aussi des moyens de calcul (non représentés), pour chaque voie d'émission  $j$ , de  $N$  variables de couplage  $COR(j,i)$  ( $i$  variant de 1 à  $N$ ), chacune desquelles étant caractéristique du couplage acoustique existant entre le signal de sortie  $Y1n(j)$  de la voie d'émission considérée et un des  $N$  signaux d'entrée  $X2n(i)$ .

15 Les moyens de calcul du pas d'adaptation  $\mu_n(i,j)$  pour un filtre  $F_{ij}$  associé à une voie de réception  $i$  et à une voie d'émission  $j$  données, calculent le pas d'adaptation  $\mu_n(i,j)$  en fonction :

- des puissances estimées  $P1n_i$  ( $i$  variant de 1 à  $N$ ) calculées pour les  $N$  voies de réception  $i$ ,
- 20 - de la puissance estimée  $P2n_j$  calculée pour la voie d'émission  $j$ , et
- des  $N$  variables de couplage  $COR(j, i)$ ,  $i$  variant de 1 à  $N$ , associées à la voie d'émission  $j$  considérée.

#### Calcul de chaque variable de couplage ( $COR(j,i)$ )

25 Dans ce mode de réalisation, chacune des variables de couplage  $COR(j, i)$  est obtenue à partir d'un calcul de corrélation entre le signal de sortie  $Y1n(j)$  et le signal d'entrée  $X2n(i)$  associés au couple considéré de voies ( $i, j$ ) de réception et d'émission.

De même que pour les autres modes de réalisation de l'invention décrits supra, selon une implémentation préférée, ce calcul de corrélation est un calcul de corrélation d'enveloppes.

En pratique, chaque variable de couplage  $COR(j,i)$  est obtenue  
 5 comme une fonction de la valeur maximale,  $Maxcor(j,i)$ , des valeurs de corrélation,  $corr_{ji}(d)$ , calculées sur une fenêtre temporelle considérée, chacune des valeurs de corrélation  $corr_{ji}(d)$  étant calculée selon l'équation suivante :

$$corr_{ji}(d) = \frac{\sum_{c=0}^{LM-1} P1n_i(c) \cdot P2n_j(c+d)}{\sum_{c=0}^{LM-1} P1n_i^2(c)} \quad (14)$$

10 où :

c représente un instant d'échantillonnage dans la fenêtre temporelle de calcul de durée LM,

d représente une valeur de décalage entre les signaux d'entrée  $X2n(i)$  et de sortie  $Y1n(j)$  ; et

15  $P1n_i(t)$  et  $P2n_j(t)$  représentent respectivement une estimation à un instant t considéré de la puissance du signal d'entrée  $X2n(i)$ , et du signal de sortie  $Y1n(j)$ .

En pratique, chaque variable de couplage  $COR(j,i)$  est liée à la valeur maximale  $Maxcor(j,i)$  des valeurs de corrélation  $corr_{ji}(d)$ , selon l'équation

20 suivante :

$$COR(j,i) = \frac{k}{Maxcor(j,i)} \quad (15)$$

où k est une constante positive.

Calcul du pas d'adaptation  $\mu_n(i, j)$  pour un filtre  $F_{ij}$

Dans ce mode de réalisation, un pas d'adaptation  $\mu_n(i, j)$  pour un filtre  $F_{ij}$  associé à une voie de réception  $i$  et à une voie d'émission  $j$ , est obtenu selon l'équation suivante :

$$\mu_n(i, j) = \frac{P1n_i}{b_i \cdot P1n_i + COR(j, i) \cdot P2n_j + \sum_{k \neq i} COR(j, k) \cdot P1n_k} \quad (16)$$

5 où  $b_i$  est une constante positive.

Grâce à la présence du terme  $\sum_{k \neq i} COR(j, k) \cdot P1n_k$  dans l'expression du pas

$\mu_n(i, j)$  ci-dessus, les voies de réception, autres que la voie  $i$  considérée, ne viennent pas perturber la convergence du filtre  $F_{ij}$ , et cela, en provoquant une diminution automatique de la valeur du pas. D'autre part, la présence des  
10 variables  $COR(j, k)$  permet de mesurer l'influence réelle des voies de réception autres que la voie  $i$  considérée, sur la voie d'émission  $j$ .

De façon similaire au cas monovoie décrit plus haut en liaison avec la figure 4, selon une variante de réalisation, le dispositif d'annulation d'écho multivoies représenté à la figure 7, peut comprendre en outre des moyens de  
15 calcul, pour chaque voie d'émission  $j$ , de  $N$  secondes variables de couplage  $COR2(j, i)$ ,  $i$  variant de 1 à  $N$ .

Chacune des secondes variables de couplage est caractéristique du couplage acoustique existant entre le signal filtré  $Y2n(j)$  de la voie d'émission  $j$  considérée et un des  $N$  signaux d'entrée  $X2n(i)$ .

20 Dans ce mode de réalisation, le pas d'adaptation  $\mu_n(i, j)$  d'un filtre d'identification  $F_{ij}$  associé à une voie de réception  $i$  et à une voie d'émission  $j$ , est calculé en fonction des  $N$  premières variables  $COR(j, i)$  et des  $N$  secondes variables de couplage  $COR2(j, i)$ .

Dans une implémentation préférée, le pas d'adaptation  $\mu_n(i, j)$  pour un  
25 filtre  $F_{ij}$  associé à une voie de réception  $i$  et à une voie d'émission  $j$ , est obtenu selon l'équation suivante :

$$\mu_n(i, j) = \frac{COR(j, i)}{COR2(j, i)} \cdot \frac{P1n_i}{b_i \cdot P1n_i + COR(j, i) \cdot P2n_j + \sum_{k \neq i} COR(j, k) \cdot P1n_k} \quad (17)$$

où  $b_i$  est une constante positive.

On peut aussi combiner un dispositif de traitement d'écho multivoies à gains variables selon l'invention (fig. 6) et un dispositif d'annulation d'écho multivoies selon l'invention (fig. 7), pour en cumuler les avantages.

Dans ce cas, un tel dispositif multivoies (non représenté dans les dessins) comporte, pour chaque couple de voies de réception  $i$  et d'émission  $j$ , des moyens d'application de gains destinés à appliquer un gain en réception  $Gr_n(i)$  sur le signal d'entrée  $X2n(i)$ , et un gain en émission  $Ge_n(j)$  sur le signal filtré  $Y2n(j)$ .

Les gains  $Gr_n(i)$ ,  $Ge_n(j)$  sont alors calculés sur la base des  $N$  secondes variables de couplage  $COR2(j, i)$  déterminées pour la voie d'émission  $j$ , selon le même principe que pour le dispositif décrit plus haut en relation avec la figure 6.

De manière pratique, les différents dispositifs de traitement d'écho selon la présente invention, décrits ci-dessus, peuvent être réalisés, de façon usuelle, en programmant un processeur spécialisé pour le traitement du signal (*digital signal processor* – DSP). Ils peuvent être également réalisés au moyen de circuits intégrés spécifiques (ASIC) dédiés à ces applications.

Bien entendu, la présente invention n'est nullement limitée aux modes de réalisation décrits ici, mais englobe, bien au contraire, toute variante à la portée de l'homme du métier.

## REVENDEICATIONS

1. Dispositif de traitement d'écho pour atténuer dans un signal de retour Y2n des composantes d'écho d'un signal direct X1n, comprenant :

5 - des moyens de calcul de gains (36) en réception et en émission  $Gr_n$ ,  $Ge_n$  ;

- des premiers moyens d'application de gain (10) pour appliquer le gain en réception  $Gr_n$  au signal direct et produire un signal d'entrée X2n émis dans un système générateur d'écho (26) ;

10 - des seconds moyens d'application de gain (12) pour appliquer le gain en émission  $Ge_n$  à un signal de sortie Y1n issu du système générateur d'écho (26) et produire le signal de retour Y2n ;

ledit dispositif étant **caractérisé** en ce qu'il comporte en outre des moyens de calcul (30) d'une variable de couplage, COR, caractéristique du couplage acoustique existant entre le signal direct X1n ou le signal d'entrée X2n, et le signal de sortie Y1n ; et en ce que lesdits moyens de calcul de gains (36) sont aptes à calculer les gains en réception et en émission  $Gr_n$ ,  $Ge_n$  sur la base de ladite variable de couplage.

20 2. Dispositif de traitement d'écho selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens d'estimation (28, 32) de la puissance instantanée du signal direct X1n ou du signal d'entrée X2n, et de celle du signal de sortie Y1n, lesdits moyens de calcul de gains (36) étant aptes à calculer les gains en réception et en émission  $Gr_n$ ,  $Ge_n$  sur la base d'une  
25 variable G déterminée en fonction des puissances estimées du signal direct ou du signal d'entrée, et du signal de sortie, et en fonction de la variable de couplage COR, selon l'équation suivante :

$$G = \frac{P_{2n}}{P_{2n} + COR \cdot P_{1n}}$$

où P1n et P2n désignent respectivement une estimation à l'instant  
30 considéré de la puissance du signal direct X1n ou du signal d'entrée X2n, et du signal de sortie Y1n.

3. Dispositif de traitement d'écho selon la revendication 2, caractérisé en ce que les moyens de calcul de gains (36) déterminent de façon récursive les gains en réception  $Gr_n$  et en émission  $Ge_n$  selon les équations suivantes :

$$Ge_n = \gamma \cdot Ge_{n-1} + (1 - \gamma) \cdot G$$

$$Gr_n = 1 - \delta \cdot Ge_n$$

où  $Ge_{n-1}$  désigne la valeur du gain en émission à l'instant de calcul précédent, et  $\gamma$  et  $\delta$  désignent des constantes positives inférieures à 1.

4. Dispositif de traitement d'écho selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la variable de couplage COR est obtenue à partir d'un calcul de corrélation entre le signal direct  $X1n$  ou le signal d'entrée  $X2n$ , et le signal de sortie  $Y1n$ .

5. Dispositif de traitement d'écho selon la revendication 4, caractérisé en ce que ledit calcul de corrélation entre le signal direct  $X1n$  ou le signal d'entrée  $X2n$ , et le signal de sortie  $Y1n$ , est un calcul de corrélation d'enveloppes.

6. Dispositif de traitement d'écho selon la revendication 5, caractérisé en ce que, selon ledit calcul de corrélation d'enveloppes, la variable de couplage COR est une fonction de la valeur maximale, Maxcor, de valeurs de corrélation  $corr(j)$  entre le signal direct  $X1n$  ou le signal d'entrée  $X2n$ , et le signal de sortie  $Y1n$ , lesdites valeurs de corrélation  $corr(j)$  étant calculées sur une fenêtre temporelle considérée, chacune d'entre elles étant obtenue selon l'équation suivante :

$$corr(j) = \frac{\sum_{i=0}^{LM-1} P1(i) \cdot P2(i+j)}{\sum_{i=0}^{LM-1} P1^2(i)}$$

où :  $i$  représente un instant d'échantillonnage dans la fenêtre temporelle de calcul de durée  $LM$ ,  $j$  représente une valeur de décalage entre les signaux d'entrée  $X2n$  et de sortie  $Y1n$  ; et  $P1(t)$  et  $P2(t)$  représentent respectivement une estimation à un instant  $t$  considéré de la puissance du signal direct  $X1n$  ou du signal d'entrée  $X2n$ , et du signal de sortie  $Y1n$ .

7. Dispositif de traitement d'écho selon la revendication 6, caractérisé en ce que la variable de couplage  $COR$  est liée à la valeur maximale  $Maxcor$  des valeurs de corrélation  $corr(j)$  calculées sur une fenêtre temporelle de calcul considérée, selon l'équation suivante :

$$COR = \text{Exp}(k \cdot Maxcor)$$

où  $\text{Exp}$  désigne la fonction exponentielle, et  $k$  est une constante positive.

8. Dispositif de traitement d'écho selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le signal d'entrée  $X2n$  est émis dans le système générateur d'écho au moyen d'au moins un haut-parleur (22), et dans lequel le signal de sortie  $Y1n$  est obtenu à partir du système générateur d'écho par l'intermédiaire d'au moins un microphone (24).

9. Dispositif de traitement d'écho selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce qu'il inclut en outre un dispositif d'annulation d'écho (40) recevant en entrée, d'une part, ledit signal d'entrée  $X2n$  émis dans le système générateur d'écho (26), et d'autre part, un signal  $Y3n$  issu du système générateur d'écho (26), le dispositif d'annulation d'écho (40) comprenant un filtre d'identification (42) à réponse impulsionnelle finie représentative de la réponse du système générateur d'écho (26), le filtre d'identification (42) étant destiné à générer un signal de filtrage  $S_n$ , et comprenant des moyens (44) pour soustraire du signal  $Y3n$  le signal de filtrage  $S_n$ , afin de produire ledit signal de sortie  $Y1n$  qui est reçu en entrée par lesdits moyens d'application de gain en émission (12).



10. Dispositif d'annulation d'écho pour atténuer dans un signal de sortie Y1n des composantes d'écho d'un signal d'entrée X2n émis dans un système générateur d'écho (26), comprenant :

- un filtre d'identification (42) à réponse impulsionnelle finie  
5 représentative de la réponse du système générateur d'écho (26), recevant en entrée le signal d'entrée X2n et générant un signal de filtrage Sn ;
- des moyens de soustraction (44) recevant en entrée, d'une part, un signal Y3n issu du système générateur d'écho (26), dont au moins une  
10 composante est une réponse du système générateur d'écho au signal d'entrée X2n, et d'autre part le signal de filtrage Sn, pour soustraire du signal Y3n le signal de filtrage Sn, et produire le signal de sortie Y1n ;
- des moyens d'adaptation (46) des coefficients du filtre d'identification en fonction d'un pas d'adaptation  $\mu_n$  ;
- des moyens de calcul (50) du pas d'adaptation  $\mu_n$  ;  
15 **caractérisé** en ce que les moyens de calcul (50) du pas d'adaptation comprennent des moyens d'estimation (28, 48) de la puissance, P1n, du signal d'entrée X2n, et de celle, P3n, du signal Y3n, et des moyens de calcul (52) d'une première variable de couplage, COR2, caractéristique du couplage acoustique existant entre le signal d'entrée X2n, et le signal Y3n issu du  
20 système générateur d'écho (26) ; le pas d'adaptation  $\mu_n$  du filtre d'identification étant calculé en fonction des puissances estimées P1n, P3n, et en fonction de la première variable de couplage COR2.

11. Dispositif selon la revendication 10, caractérisé en ce que le pas  
25 d'adaptation  $\mu_n$  est obtenu selon l'équation suivante :

$$\mu_n = \frac{P1n}{\alpha \cdot P1n + COR2.P3n}$$

où  $\alpha$  est une constante positive, et, P1n et P3n désignent respectivement une estimation à l'instant considéré de la puissance du signal d'entrée X2n, et de celle du signal Y3n issu du système générateur d'écho.

12. Dispositif selon la revendication 10 ou 11, caractérisé en ce que la première variable de couplage COR2 est obtenue à partir d'un calcul de corrélation entre le signal d'entrée X2n et le signal Y3n.

5 13. Dispositif selon la revendication 12, caractérisé en ce que ledit calcul de corrélation entre le signal d'entrée X2n et le signal Y3n, est un calcul de corrélation d'enveloppes.

10 14. Dispositif selon la revendication 13, caractérisé en ce que la première variable de couplage COR2 est une fonction de la valeur maximale, Maxcor2, des valeurs de corrélation, corr2(j), calculées sur une fenêtre temporelle considérée, chacune des valeurs de corrélation corr2(j) étant calculée selon l'équation suivante :

$$corr2(j) = \frac{\sum_{i=0}^{LM-1} P1(i) \cdot P3(i+j)}{\sum_{i=0}^{LM-1} P1^2(i)}$$

15 où :

i représente un instant d'échantillonnage dans la fenêtre temporelle de calcul de durée LM, j représente une valeur de décalage entre le signal d'entrée X2n et le signal Y3n ; et

20 P1(t) et P3(t) représentent respectivement une estimation à un instant t considéré de la puissance du signal d'entrée X2n, et de celle du signal Y3n.

15. Dispositif selon la revendication 14, caractérisé en ce que la première variable de couplage COR2 est liée à la valeur maximale Maxcor2 desdites valeurs de corrélation corr2(j), selon l'équation suivante :

25 
$$COR2 = \frac{k}{Maxcor2} \quad \text{où } k \text{ est une constante positive.}$$

16. Dispositif d'annulation d'écho selon l'une quelconque des revendications 10 à 15, caractérisé en ce que les moyens de calcul du pas

d'adaptation comprennent en outre des moyens de calcul (30a) d'une seconde variable de couplage, COR, caractéristique du couplage acoustique entre le signal d'entrée X2n du système générateur d'écho (26) et le signal de sortie Y1n, la seconde variable de couplage COR étant obtenue par un calcul de  
 5 corrélation entre les signaux d'entrée X2n et de sortie Y1n ; le pas d'adaptation  $\mu_n$  du filtre d'identification étant en outre calculé en fonction de la seconde variable de couplage COR.

17. Dispositif d'annulation d'écho selon la revendication 16,  
 10 caractérisé en ce que la seconde variable de couplage COR est obtenue à partir d'un calcul de corrélation d'enveloppes entre les signaux d'entrée X2n et de sortie Y1n.

18. Dispositif d'annulation d'écho selon la revendication 17,  
 15 caractérisé en ce que la seconde variable de couplage COR est une fonction de la valeur maximale, Maxcor, de valeurs de corrélation corr(j) entre le signal d'entrée X2n, et le signal de sortie Y1n, lesdites valeurs de corrélation corr(j) étant calculées sur une fenêtre temporelle considérée, chacune d'entre elles étant obtenue selon l'équation suivante :

$$20 \quad \text{corr}(j) = \frac{\sum_{i=0}^{LM-1} P1(i) \cdot P2(i+j)}{\sum_{i=0}^{LM-1} P1^2(i)}$$

où : i représente un instant d'échantillonnage dans la fenêtre temporelle de calcul, de durée LM ; j représente une valeur de décalage entre le signal d'entrée X2n et le signal de sortie Y1n ; et P1(t) et P2(t) représentent respectivement une estimation à un instant t considéré de la puissance du  
 25 signal d'entrée X2n, et du signal de sortie Y1n.

19. Dispositif d'annulation d'écho selon la revendication 16, 17 ou 18, caractérisé en ce que le pas d'adaptation  $\mu_n$  est calculé selon l'équation suivante :

$$\mu_n = \frac{COR}{COR2} \cdot \frac{P1n}{\alpha \cdot P1n + COR2 \cdot P3n}$$

5 où  $\alpha$  est une constante positive, et, P1n et P3n désignent respectivement une estimation à l'instant considéré de la puissance du signal d'entrée X2n, et de celle du signal Y3n issu du système générateur d'écho.

20. Dispositif de traitement d'écho selon la revendication 9, dans lequel le dispositif d'annulation d'écho est tel que revendiqué dans l'une quelconque des revendications 10 à 15 ; le pas d'adaptation  $\mu_n$  du filtre d'identification (42) étant calculé en fonction de la puissance estimée P1n du signal direct X1n ou du signal d'entrée X2n, de la puissance estimée P3n du signal Y3n issu du système générateur d'écho (26), et de ladite variable de couplage COR2.

21. Dispositif de traitement d'écho selon la revendication 9, dans lequel le dispositif d'annulation d'écho est tel que revendiqué dans l'une quelconque des revendications 16 à 19 ; le pas d'adaptation  $\mu_n$  du filtre d'identification (42) étant calculé en fonction de la puissance estimée P1n du signal direct X1n ou du signal d'entrée X2n, de la puissance estimée P3n du signal Y3n issu du système générateur d'écho (26), et desdites variables de couplage COR, COR2.

22. Dispositif de traitement d'écho pour système de communication multivoies comprenant une pluralité N de voies de réception, N étant un entier supérieur ou égal à 2, et une pluralité M de voies d'émission, M étant un entier supérieur ou égal à 1 ; chacune, i, des N voies de réception comprenant un transducteur de sortie (HPI) qui produit une onde de pression sonore en réponse à un signal d'entrée X2n(i) issu d'un signal direct X1n(i) ; chacune, j,

des M voies d'émission comprenant un transducteur d'entrée (MCj) qui convertit une onde de pression sonore en un signal de sortie  $Y1n(j)$  ; ledit dispositif de traitement d'écho étant destiné à atténuer dans chaque signal de sortie  $Y1n(j)$  des composantes d'écho provenant de tout ou partie des N signaux d'entrée  $X2n(i)$ , et résultant du couplage acoustique existant entre le transducteur d'entrée de la voie d'émission considérée et tout ou partie des M transducteurs de sortie, ledit dispositif étant **caractérisé** en ce qu'il comporte :

- des moyens de calcul de gains en réception  $Gr_n(i)$  et de gains en émission  $Ge_n(j)$  ;
- 10       - des moyens d'application de gains en réception pour appliquer un gain en réception  $Gr_n(i)$  à chaque signal direct  $X1n(i)$  et produire le signal d'entrée  $X2n(i)$  correspondant ;
- des moyens d'application de gains en émission pour appliquer un gain en émission  $Ge_n(j)$  à chaque signal de sortie  $Y1n(j)$  et produire un signal de retour  $Y2n(j)$  correspondant ;
- 15       - des moyens de calcul, pour chaque voie d'émission j, de N variables de couplage  $COR(j,i)$ , i variant de 1 à N, chacune desquelles étant caractéristique du couplage acoustique existant entre le signal de sortie  $Y1n(j)$  de la voie d'émission et un des N signaux d'entrée  $X2n(i)$  ;
- 20       lesdits moyens de calcul de gains étant aptes à calculer chaque gain en réception  $Gr_n(i)$  et chaque gain en émission  $Ge_n(j)$  sur la base des N variables de couplage  $COR(j,i)$  calculées pour la voie d'émission j associée.

23. Dispositif selon la revendication 22, caractérisé en ce qu'il  
25 comporte des moyens d'estimation de la puissance instantanée,  $P1n_i$ , de chaque signal d'entrée  $X2n(i)$ , et de celle,  $P2n_j$ , de chaque signal de sortie  $Y1n(j)$ , lesdits moyens de calcul de gains en émission étant aptes à calculer chaque gain en émission  $Ge_n(j)$  sur la base de N variables  $G(j, i)$ , i variant de 1 à N, chacune desquelles étant déterminée en fonction des puissances estimées  
30 d'un signal d'entrée  $X2n(i)$ , et du signal de sortie  $Y1n(j)$  de la voie d'émission considérée, et en fonction de la variable de couplage  $COR(j, i)$  correspondante, chacune des variables  $G(j,i)$  étant obtenue selon l'équation suivante :

$$G(j,i) = \frac{P2n_j}{P2n_j + COR(j,i) \cdot P1n_i}$$

où  $P1n_i$  et  $P2n_j$  désignent respectivement une estimation à l'instant considéré de la puissance du signal d'entrée  $X2n(i)$ , et du signal de sortie  $Y1n(j)$  considérés.

5

24. Dispositif selon la revendication 23, caractérisé en ce que chaque gain en émission  $Ge_n(j)$  est déterminé à partir de la valeur minimale des N variables  $G(j,i)$ ,  $i$  variant de 1 à N, calculées pour la voie d'émission  $j$  associée.

10

25. Dispositif selon la revendication 24, caractérisé en ce que chaque gain en émission  $Ge_n(j)$  est déterminé selon l'équation suivante :

$$Ge_n(j) = \gamma \cdot Ge_{n-1}(j) + (1 - \gamma) \cdot \min_i(G(j,i))$$

15

où  $Ge_{n-1}(j)$  désigne la valeur du gain en émission de la voie d'émission  $j$  à l'instant de calcul précédent,  $\gamma$  désigne une constante positive inférieure à 1, et  $\min_i(G(j,i))$  désigne la valeur minimale des N variables  $G(j,i)$ ,  $i$  variant de 1 à N.

26. Dispositif selon la revendication 25, caractérisé en ce que tous les gains en réception  $Gr_n(i)$  ont la même valeur déterminée selon l'équation suivante :

20

$$Gr_n(i) = 1 - \delta \cdot \max_j(Ge_n(j))$$

où  $\delta$  désigne une constante positive inférieure à 1, et  $\max_j(Ge_n(j))$  désigne la valeur maximale des M gains en émission  $Ge_n(j)$ ,  $j$  variant de 1 à M.

27. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 22 à 25, caractérisé en ce que chacun desdits gains en réception  $Gr_n(i)$  est égal à 1.

28. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 22 à 27, caractérisé en ce que chaque variable de couplage  $COR(j,i)$  est obtenue à partir d'un calcul de corrélation entre le signal de sortie  $Y1n(j)$  et le signal d'entrée  $X2n(i)$ , correspondants.

30

29. Dispositif selon la revendication 28, caractérisé en ce que le calcul de corrélation entre un signal de sortie  $Y1n(j)$  et un signal d'entrée  $X2n(i)$ , est un calcul de corrélation d'enveloppes.

5

30. Dispositif selon la revendication 29, caractérisé en ce que, selon ledit calcul de corrélation d'enveloppes, chaque variable de couplage  $COR(j,i)$  est une fonction de la valeur maximale,  $Maxcor$ , de valeurs de corrélation  $corr_{ji}(d)$  entre le signal de sortie  $Y1n(j)$  et le signal d'entrée  $X2n(i)$ , lesdites  
10 valeurs de corrélation  $corr_{ji}(d)$  étant calculées sur une fenêtre temporelle prédéfinie, chacune d'entre elles étant obtenue selon l'équation suivante :

$$corr_{ji}(d) = \frac{\sum_{c=0}^{LM-1} P1n_i(c) \cdot P2n_j(c+d)}{\sum_{c=0}^{LM-1} P1n_i^2(c)}$$

où :  $c$  représente un instant d'échantillonnage dans la fenêtre temporelle de calcul de durée  $LM$ ,  $d$  représente une valeur de décalage entre les signaux  
15 d'entrée  $X2n(i)$  et de sortie  $Y1n(j)$  ; et  $P1n_i(t)$  et  $P2n_j(t)$  représentent respectivement une estimation à un instant  $t$  considéré de la puissance du signal d'entrée  $X2n(i)$ , et du signal de sortie  $Y1n(j)$ .

31. Dispositif d'annulation d'écho pour système de communication  
20 multivoies comprenant une pluralité  $N$  de voies de réception,  $N$  étant un entier supérieur ou égal à 2, et une pluralité  $M$  de voies d'émission,  $M$  étant un entier supérieur ou égal à 1 ; chacune,  $i$ , des  $N$  voies de réception comprenant un transducteur de sortie ( $HPI_i$ ) qui produit une onde de pression sonore en réponse à un signal d'entrée  $X2n(i)$  ; chacune,  $j$ , des  $M$  voies d'émission  
25 comprenant un transducteur d'entrée ( $MC_j$ ) qui convertit une onde de pression sonore en un signal de sortie  $Y1n(j)$  ; le dispositif comprenant :

- pour chaque voie d'émission  $j$ ,  $N$  filtres d'identification  $Fij$  à coefficients variables pour estimer le couplage acoustique entre chacun des  $N$

transducteurs de sortie (H<sub>Pi</sub>) et le transducteur d'entrée (M<sub>Cj</sub>) de la voie d'émission j, et

- pour chaque filtre F<sub>ij</sub>, des moyens d'adaptation des coefficients du filtre en fonction d'un pas d'adaptation  $\mu_n(i,j)$ , et des moyens de calcul du pas d'adaptation  $\mu_n(i,j)$  ;

le dispositif étant **caractérisé** en ce qu'il comporte :

- des moyens d'estimation de la puissance instantanée  $P1n_i$  de chaque signal d'entrée  $X2n(i)$ , et de celle  $P2n_j$  de chaque signal de sortie  $Y1n(j)$  ;
- des moyens de calcul, pour chaque voie d'émission j, de N variables de couplage  $COR(j,i)$ , i variant de 1 à N, chacune desquelles étant caractéristique du couplage acoustique existant entre le signal de sortie  $Y1n(j)$  de la voie d'émission et un des N signaux d'entrée  $X2n(i)$  ;

les moyens de calcul du pas d'adaptation  $\mu_n(i,j)$  pour un filtre F<sub>ij</sub> associé à une voie de réception i et à une voie d'émission j étant aptes à calculer le pas d'adaptation  $\mu_n(i,j)$  en fonction des puissances estimées  $P1n_i$ , i variant de 1 à N, pour les N voies de réception, de la puissance  $P2n_j$  estimée pour la voie d'émission j, et en fonction des N variables de couplage  $COR(j,i)$ , i variant de 1 à N, associées à la voie d'émission j.

32. Dispositif selon la revendication 31, caractérisé en ce qu'un pas d'adaptation  $\mu_n(i,j)$  pour un filtre F<sub>ij</sub> associé à une voie de réception i et à une voie d'émission j, est obtenu selon l'équation suivante :

$$\mu_n(i,j) = \frac{P1n_i}{b_i \cdot P1n_i + COR(j,i) \cdot P2n_j + \sum_{k \neq i} COR(j,k) \cdot P1n_k}$$

où  $b_i$  est une constante positive.

33. Dispositif selon la revendication 31 ou 32, caractérisé en ce qu'une variable de couplage  $COR(j,i)$  est obtenue à partir d'un calcul de corrélation entre le signal de sortie  $Y1n(j)$  et le signal d'entrée  $X2n(i)$ .



34. Dispositif selon la revendication 33, caractérisé en ce que ledit calcul de corrélation entre le signal de sortie  $Y1n(j)$  et le signal d'entrée  $X2n(i)$ , est un calcul de corrélation d'enveloppes.

5

35. Dispositif selon la revendication 34, caractérisé en ce qu'une variable de couplage  $COR(j,i)$  est une fonction de la valeur maximale,  $Maxcor(j,i)$ , des valeurs de corrélation,  $corr_{ji}(d)$ , calculées sur une fenêtre temporelle considérée, chacune des valeurs de corrélation  $corr_{ji}(d)$  étant

10 calculée selon l'équation suivante :

$$corr_{ji}(d) = \frac{\sum_{c=0}^{LM-1} P1n_i(c) \cdot P2n_j(c+d)}{\sum_{c=0}^{LM-1} P1n_i^2(c)}$$

où :

c représente un instant d'échantillonnage dans la fenêtre temporelle de calcul de durée LM, d représente une valeur de décalage entre les signaux d'entrée  $X2n(i)$  et de sortie  $Y1n(j)$  ; et  $P1n_i(t)$  et  $P2n_j(t)$  représentent respectivement une estimation à un instant t considéré de la puissance du signal d'entrée  $X2n(i)$ , et du signal de sortie  $Y1n(j)$ .

36. Dispositif selon la revendication 35, caractérisé en ce que la variable de couplage  $COR(j,i)$  est liée à la valeur maximale  $Maxcor(j,i)$  desdites valeurs de corrélation  $corr_{ji}(d)$ , selon l'équation suivante :

$$COR(j,i) = \frac{k}{Maxcor(j,i)} \quad \text{où } k \text{ est une constante positive.}$$

37. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 31 à 36, dans lequel chaque filtre  $F_{ij}$  associé à une voie de réception i et à une voie

25

d'émission  $j$  génère un signal de filtrage qui est soustrait au signal de sortie  $Y1n(j)$  pour fournir un signal filtré  $Y2n(j)$ ,

caractérisé en ce qu'il comporte en outre des moyens de calcul, pour chaque voie d'émission  $j$ , de  $N$  secondes variables de couplage  $COR2(j,i)$ ,  $i$  variant de 1 à  $N$ , chacune desquelles étant caractéristique du couplage acoustique existant entre le signal filtré  $Y2n(j)$  de la voie d'émission et un des  $N$  signaux d'entrée  $X2n(i)$  ; le pas d'adaptation  $\mu_n(i,j)$  d'un filtre d'identification  $F_{ij}$  associé à une voie de réception  $i$  et à une voie d'émission  $j$  étant en outre calculé en fonction desdites  $N$  secondes variables de couplage  $COR2(j,i)$ .

10

38. Dispositif selon la revendication 37, caractérisé en ce qu'un pas d'adaptation  $\mu_n(i, j)$  pour un filtre  $F_{ij}$  associé à une voie de réception  $i$  et à une voie d'émission  $j$ , est obtenu selon l'équation suivante :

$$\mu_n(i, j) = \frac{COR(j, i)}{COR2(j, i)} \cdot \frac{P1n_i}{b_i \cdot P1n_i + COR(j, i) \cdot P2n_j + \sum_{k \neq i} COR(j, k) \cdot P1n_k}$$

15 où  $b_i$  est une constante positive.

39. Dispositif selon la revendication 37 ou 38, caractérisé en ce qu'il comporte en outre, pour chaque couple de voies de réception  $i$  et d'émission  $j$ , des moyens d'application de gains pour appliquer un gain en réception  $Gr_n(i)$  sur le signal d'entrée  $X2n(i)$ , et un gain en émission  $Ge_n(j)$  sur le signal filtré  $Y2n(j)$  ; lesdits gains  $Gr_n(i)$ ,  $Ge_n(j)$  étant calculés sur la base des  $N$  secondes variables de couplage  $COR2(j,i)$  déterminées pour la voie d'émission  $j$ .

20

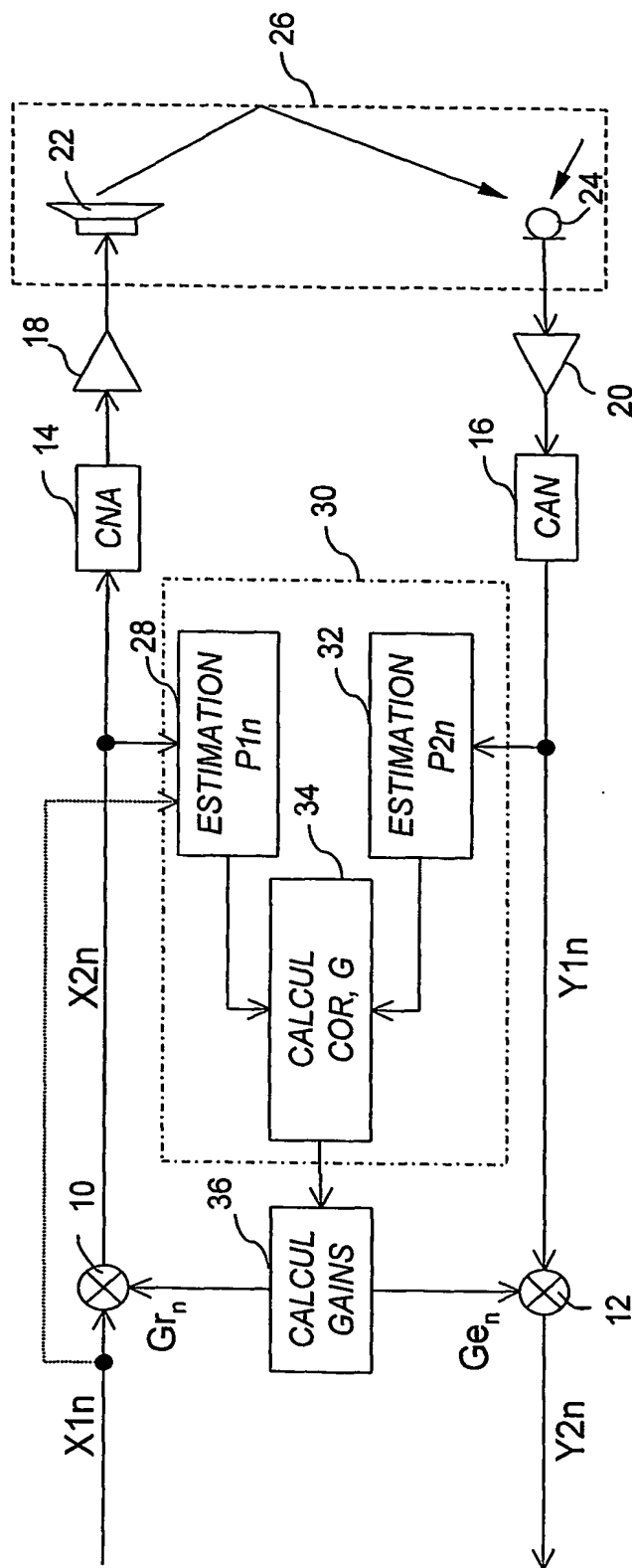


FIG. 1

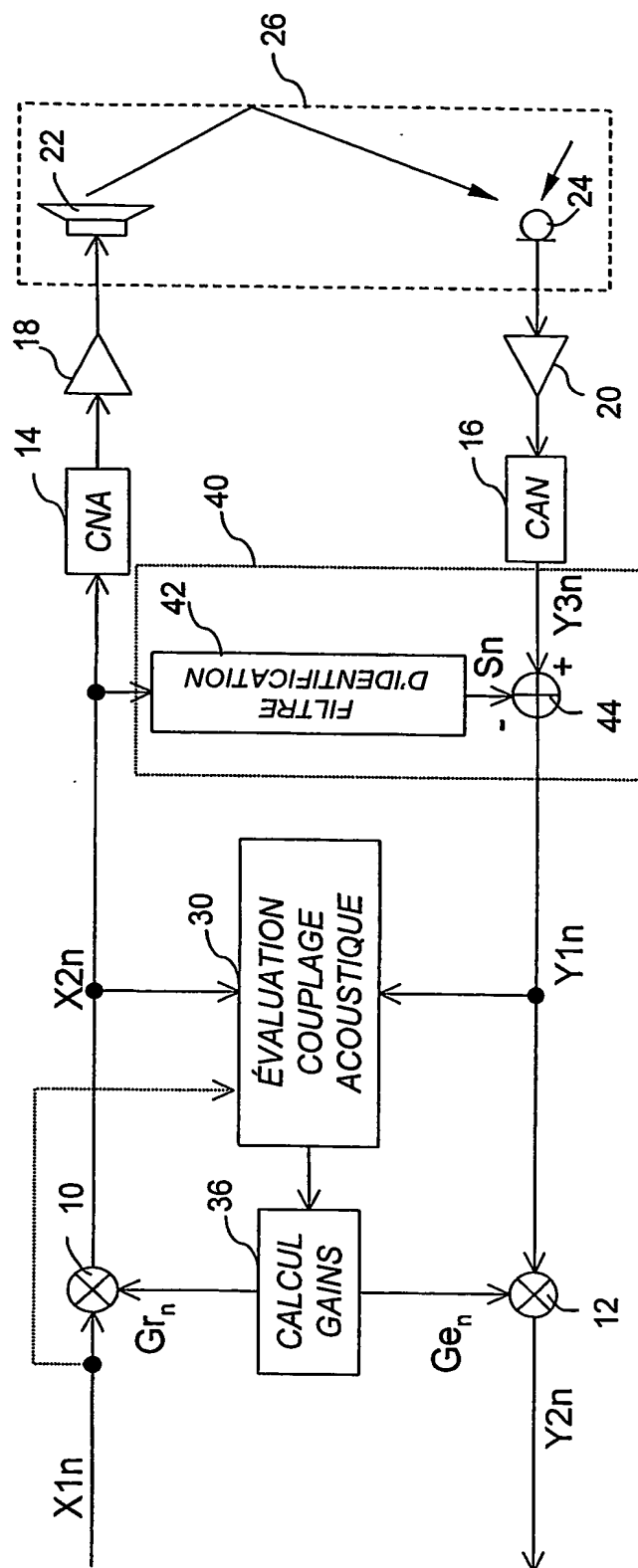


FIG. 2

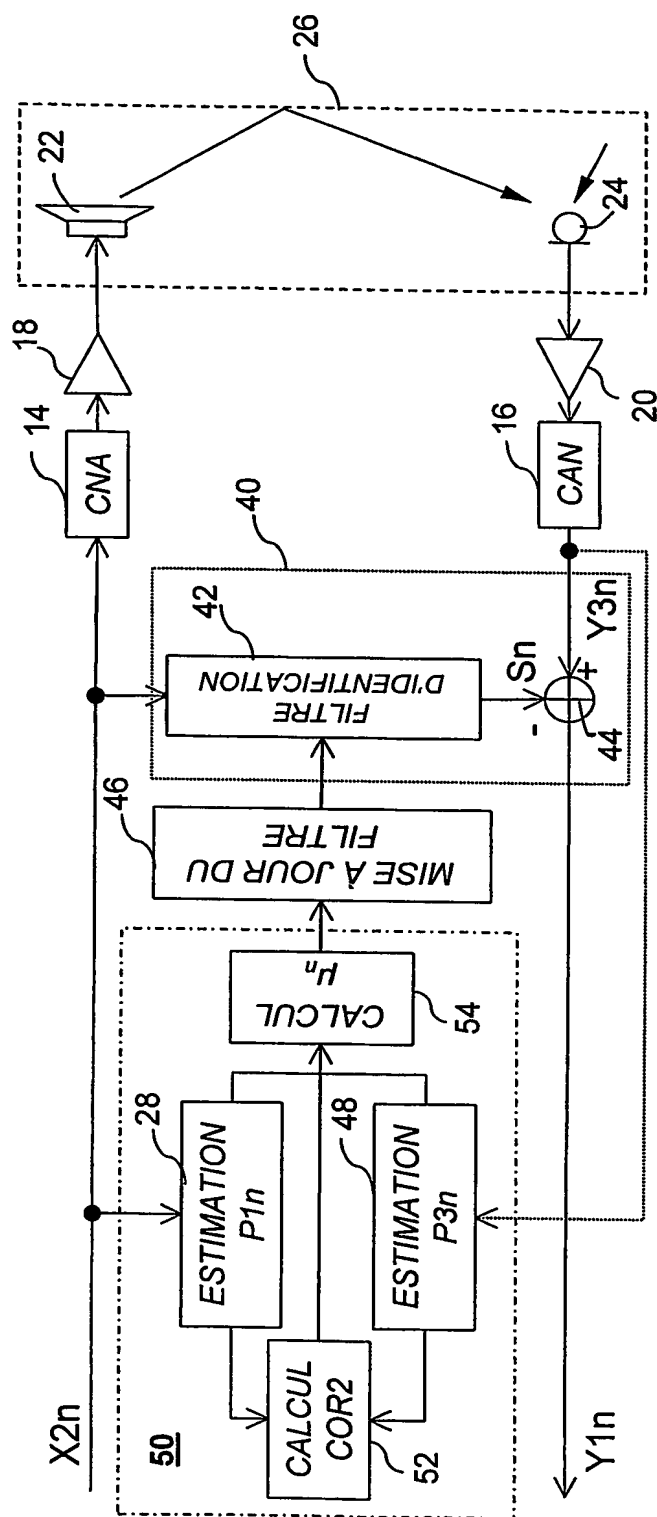


FIG. 3

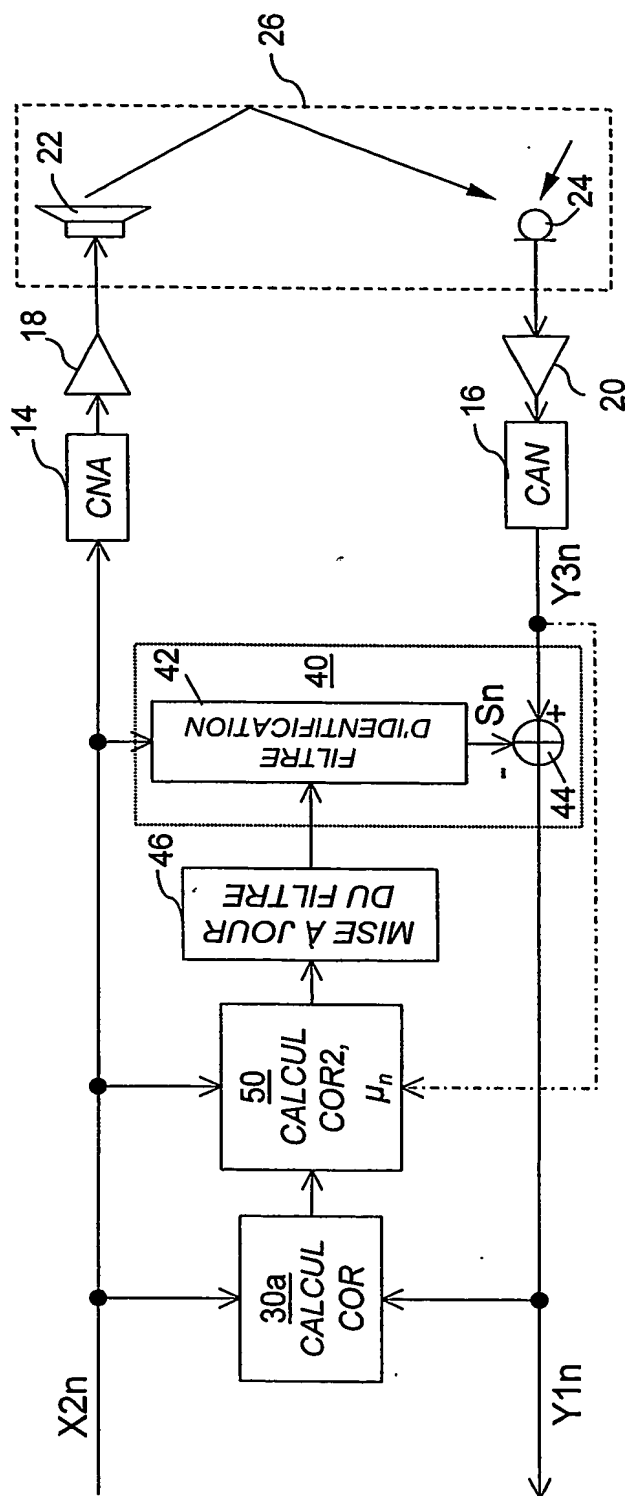
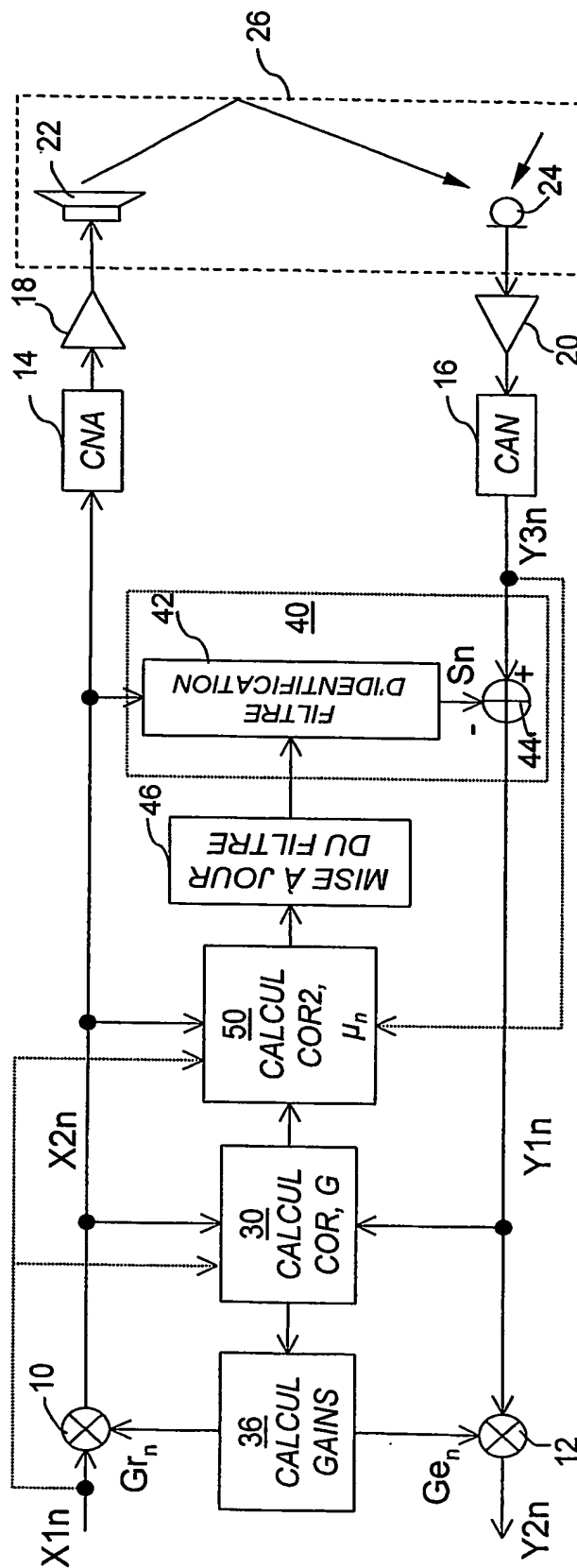


FIG. 4



**FIG. 5**

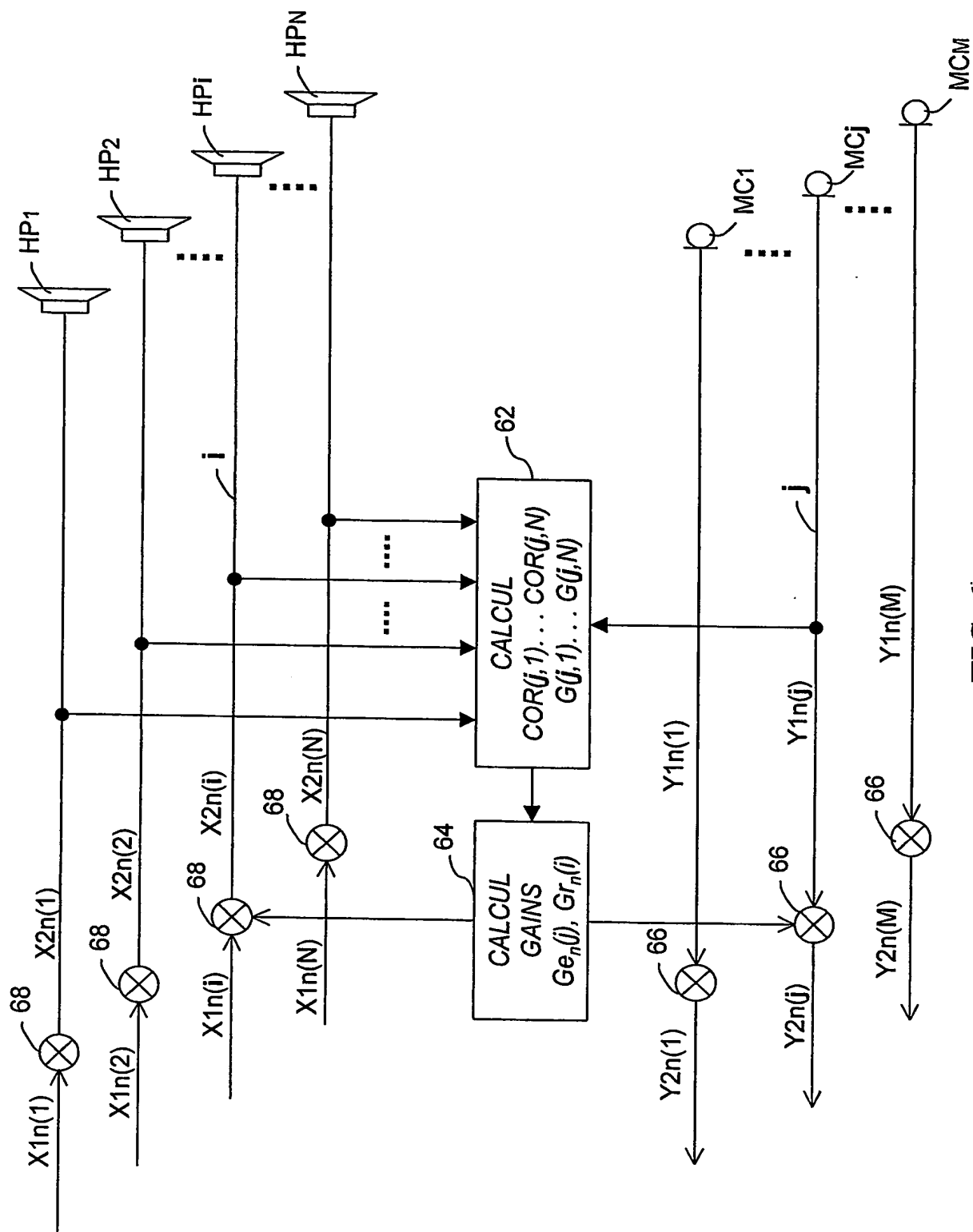
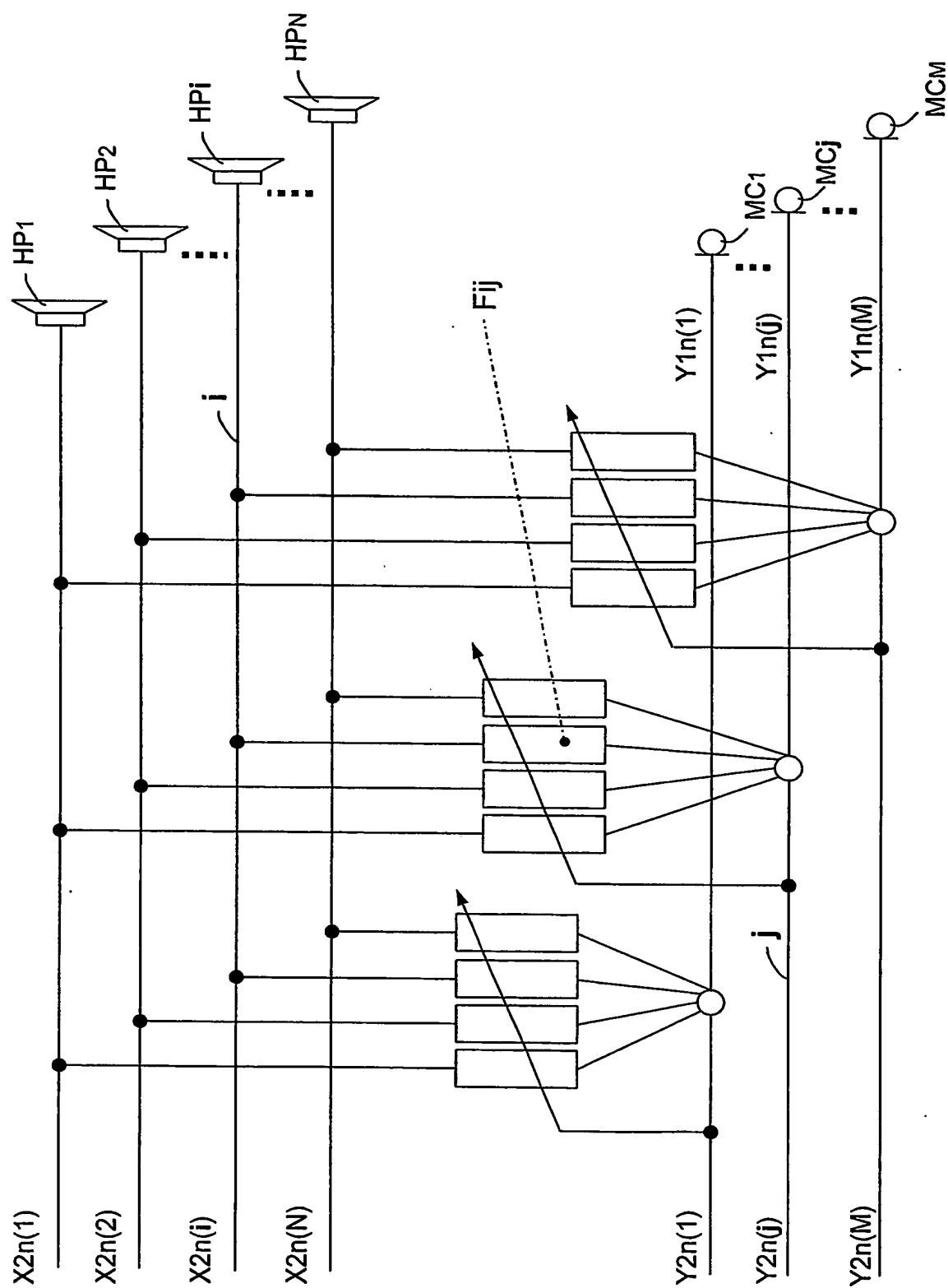


FIG. 6





**FIG. 7**

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

FR 03/01874

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 H04M9/08

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H04M

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	FR 2 748 184 A (FRANCE TELECOM) 31 October 1997 (1997-10-31) cited in the application abstract	1-39
A	FR 2 738 695 A (FRANCE TELECOM) 14 March 1997 (1997-03-14) cited in the application abstract	1-39
A	US 6 246 760 B1 (SHIMAUCHI SUEHIRO ET AL) 12 June 2001 (2001-06-12) abstract	1-39

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

### \* Special categories of cited documents:

\*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

\*E\* earlier document but published on or after the international filing date

\*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

\*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

\*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

\*Z\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

14 October 2003

Date of mailing of the international search report

22/10/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Montalbano, F

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No. PCT/FR 03/01874

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)	Publication date
FR 2748184	A	31-10-1997	FR	2748184 A1	31-10-1997
			EP	0767569 A1	09-04-1997
			JP	9139696 A	27-05-1997
			US	5734715 A	31-03-1998
FR 2738695	A	14-03-1997	FR	2738695 A1	14-03-1997
			EP	0767569 A1	09-04-1997
			JP	9139696 A	27-05-1997
			US	5734715 A	31-03-1998
US 6246760	B1	12-06-2001	JP	10093680 A	10-04-1998

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No. :  
FR 03/01874

**A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE**  
CIB 7 H04M9/08

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

**B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE**

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 H04M

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

**C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS**

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	FR 2 748 184 A (FRANCE TELECOM) 31 octobre 1997 (1997-10-31) cité dans la demande abrégé	1-39
A	FR 2 738 695 A (FRANCE TELECOM) 14 mars 1997 (1997-03-14) cité dans la demande abrégé	1-39
A	US 6 246 760 B1 (SHIMAUCHI SUEHIRO ET AL) 12 juin 2001 (2001-06-12) abrégé	1-39

☐ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

\* Catégories spéciales de documents cités:

- \*A\* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- \*E\* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- \*L\* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- \*O\* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- \*P\* document publié avant la date de dépôt international, mais, postérieurement à la date de priorité revendiquée

- \*T\* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- \*X\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- \*Y\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- \*Z\* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

14 octobre 2003

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

22/10/2003

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale  
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Montalbano, F

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale No. 03/01874

FR 03/01874

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 2748184	A	31-10-1997	FR 2748184 A1	31-10-1997
			EP 0767569 A1	09-04-1997
			JP 9139696 A	27-05-1997
			US 5734715 A	31-03-1998
FR 2738695	A	14-03-1997	FR 2738695 A1	14-03-1997
			EP 0767569 A1	09-04-1997
			JP 9139696 A	27-05-1997
			US 5734715 A	31-03-1998
US 6246760	B1	12-06-2001	JP 10093680 A	10-04-1998